

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTANDARIZACIÓN DE TUBERÍAS DE LÍNEA Y DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela
Por el Br. Ferrer C., Joel A.
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTANDARIZACIÓN DE TUBERÍAS DE LÍNEA Y DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Rafael D'Andrea

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de
Venezuela
Por el Br. Ferrer C., Joel A.
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

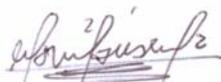
Caracas, 2003

Caracas, Diciembre 2003

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Concejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Joel A, Ferrer C., titulado:

“ESTANDARIZACIÓN DE TUBERÍAS DE LÍNEA Y DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios al Título de Ingeniero Mecánico.



Prof. (Manuel Martinez)

Jurado



Prof. (Jesúardo Areyán)

Jurado



Prof. (Raffael D'Andrea)

Tutor Académico

DEDICATORIA

A mi familia en primer lugar, por haberme apoyado en momentos difíciles y por brindarme ayuda, confianza y sabiduría. Por haber creado un hogar fuerte, donde aprendí todos los valores en los que creo y por tenerme paciencia durante toda mi carrera.

A mi padre, quien siempre ha estado al lado mío, dándome una mano, orientándome en las decisiones difíciles, y cuidando que nunca pierda mi norte.

A mi madre, por también enseñarme lo importante de ser consistente y de perseverar por lo que uno quiere.

A Joan, mi hermano, quien ha sido de gran ayuda y quien me ha brindado tiempo y sabiduría.

A mi novia, por incentivar me a culminar mis metas, entre ellas, la elaboración de mi trabajo de grado.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por incentivar me en mis estudios y en especial en mi tesis, durante momentos críticos y difíciles del país.

En especial quiero agradecer a mi padre, por haberme dado las herramientas para hacer de mí un ingeniero y a mi madre, por la constancia en que yo salga siempre adelante.

Le agradezco la gran ayuda que prestó el profesor Rafael D'Andrea, por ser mi tutor de trabajo de grado.

RESUMEN

Ferrer Cirac, Joel Alberto

ESTANDARIZACIÓN DE TUBERÍAS DE LÍNEA Y DE PROCESOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA NACIONAL

Tutor: Prof. Rafael D'Andrea.

Trabajo Especial de Grado, Universidad Central de Venezuela.

Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Caracas, 2003, 173 Páginas.

Palabras claves: Estandarización, Normalización, Racionalización y Tuberías.

En el trabajo que se presenta, se hace un análisis de la Estandarización de Tuberías de Línea y de Procesos en la Industria Petrolera Nacional. Para tal fin se define el modelo del proceso de estandarización y la cadena de valor del mismo.

Adicionalmente se realiza el análisis a cada uno de los subprocesos que conforman el proceso de estandarización, como son el subproceso de normalización, el subproceso de racionalización y el subproceso de catalogación, para luego concretar su aplicación al caso específico de Tuberías de Línea en la Industria Petrolera Nacional.

Finalmente se hace un diagnóstico sobre la situación actual del proceso de estandarización en PDVSA, que conjuntamente con el análisis específico y aplicación del modelo del proceso y la cadena de valor para tuberías de línea, nos lleva a plantear una propuesta concreta del proceso de estandarización que debe ser aplicado en PDVSA.

INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	X
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1.-Objetivo General.....	4
1.1.1.-Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO (NORMALIZACIÓN- RACIONALIZACIÓN-CATALOGACIÓN).....	6
2.1.-Normalización.....	8
2.1.1.-Importancia y beneficios de la Normalización.....	9
2.1.2.-Normas Fundamentales y Técnicas.....	13
2.1.3.-Normas desarrolladas por la empresa.....	15
2.2.-Racionalización.....	16
2.2.1.-Caracterización de renglones estándares	18
2.2.2.-Preparación de renglones estándares.....	19
2.2.3.-Proceso de inclusión de nuevos renglones estándares.....	20
2.2.4.-Racionalización de equipos y selección de repuestos.....	21
2.2.5.-Repuestos para el funcionamiento inicial de un equipo.....	23

2.2.6.-Revisiones a la selección de renglones estándares.....	24
2.3.-Catalogación.....	26
2.3.1.-Estructura de la Codificación.....	27
2.3.2.-Responsabilidades del sistema de codificación.....	30
2.4.-Relación Valor-Variedad e Inventarios.....	31
2.4.1.- Costo de mantener materiales en existencia.....	32
CAPITULO III.....	36
CADENA DE VALOR Y MODELO DEL PROCESO.....	36
3.1.-Cadena de Valor.....	37
3.2.-Modelo del Proceso según la Cadena de Valor.....	38
3.2.1.-Proveedores del Proceso.....	40
3.2.2.-Insumos necesarios para su funcionamiento.....	40
3.2.3.-Subprocesos.....	41
3.2.4.-Productos/Resultados.....	41
3.2.5.-Clientes del Proceso.....	42
CAPITULO IV.....	43
SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE	
ESTANDARIZACIÓN DE PDVSA.....	44
4.1.-Consideraciones Generales.....	49
CAPITULO V.....	58
PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DEL PROCESO DE	
ESTANDARIZACIÓN EN PDVSA.....	59
5.1.-Esquema de implantación.....	59
5.2.-Responsabilidades.....	62
5.2.1.-Detección de necesidades.....	62

5.2.2.-Subproceso de Normalización.....	63
5.2.3.-Subproceso de Racionalización.....	64
5.2.4.-Subproceso de Catalogación.....	64
5.3.-Organización de referencia.....	64
5.4.-Propuesta de funcionamiento.....	66
5.5.-Matriz de Estandarización.....	68
5.5.1.-Material estratégico.....	69
5.5.2.-Criterios para seleccionar los materiales y equipos a ser estandarizados..	69
5.5.3.-Fabricación Nacional.....	70
5.6.-Clasificación de Materiales de uso Petrolero.....	72
5.7.-Plan de Trabajo.....	74
CAPITULO VI.....	75
ANÁLISIS DE ESTANDARIZACIÓN	
PARA EL ÁREA DE TUBERÍAS DE LÍNEA.....	76
6.1.-General.....	76
6.2.-Proceso de fabricación.....	80
6.3.-Análisis químico.....	86
6.4.-Propiedades mecánicas.....	88
6.5.-Pruebas de presión hidrostática.....	90
6.6.-Dimensiones, longitudes y acabados de los extremos.....	91
6.6.1.-Longitud.....	91
6.6.2.- Extremos de las tuberías.....	92
6.6.3.-Diámetro y espesor de la pared de las tuberías.....	92
6.6.4.-Números Schedule de ANSI y designaciones API.....	93
6.6.5.-Catalogación/codificación de las tuberías.....	95
6.7.-Cadena de valor y modelo del proceso de estandarización aplicado a tuberías de línea.....	97

6.7.1.- Análisis del de tuberías de línea desde la perspectiva del subproceso de normalización.....	98
6.7.2.-Especificaciones del Proceso Operacional.....	98
6.7.3.-Normas de ingeniería de diseño.....	99
6.7.4.-Especificaciones técnicas.....	103
6.7.5.- Comentarios al análisis del subproceso de normalización basado en la normativa de ingeniería de diseño y de las especificaciones técnicas de materiales de PDVSA.....	104
6.7.5.1.-Normativa de ingeniería de diseño.....	104
6.7.5.2.- Especificaciones Técnicas de Materiales.....	106
6.8.-Análisis de tuberías de línea desde la perspectiva del Subproceso de racionalización.....	107
6.8.1.-Estandarización en Ingeniería y Proyectos – PDVSA Oriente.....	107
6.8.2.-Variedades teóricas y variedades de tubería de línea en PDVSA.....	108
6.8.2.1.-Generación de variedades para tuberías de línea según la norma API 5L.....	109
6.8.2.2.-Generación de variedades para tuberías de línea según las normas de diseño de PDVSA.....	110
6.8.2.3.-Variedades contenidas en el Registro de Materiales (RMM) de PDVSA.....	111
6.8.3.-Comentarios al análisis del subproceso de estandarización en tubería de línea de PDVSA.....	113
6.8.3.1.-Lista de Marcas Estandarizadas de PDVSA.....	113
6.8.3.2.-Variedades teóricas reales de tuberías de línea.....	114
6.9.-Análisis de tuberías de línea desde la perspectiva del Subproceso de catalogación.....	114
6.9.1.-Identificación o número SAP.....	115
6.9.2.-Sistema de clasificación.....	115

6.9.3.- Comentarios al análisis del subproceso de catalogación.....	118
6.10.-Ejercicio del proceso de estandarización aplicado a tuberías de línea API 5L.....	118
6.10.1.-Información requerida.....	118
6.10.1.1.-Índice de servicio según la Norma de Ingeniería H-221 Materiales de Tuberías.....	118
6.10.1.2.-Renglones catalogados en Registro de Maestro de Materiales y sus característica.....	119
6.10.1.3.-Estimado de PDVSA para los precios unitarios (Bs/ft) de cada renglón.....	120
6.10.1.4.-Estadísticas de los inventarios de PDVSA.....	120
6.10.1.5.-Desempeño mecánico.....	121
6.10.2.-Desarrollo de la propuesta de estandarización para el ejemplo.....	121
6.10.3.-Efectos económicos de la estandarización sobre los costos.....	126
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
ANEXOS.....	136
Anexo 1 – Consecuencia de los efectos económicos a nivel de los diferentes servicios de la empresa.....	137
Anexo 2 - Categorías de Materiales y Equipos.....	138
Anexo 3 - Inventario de PDVSA para el período 9 de 2002.....	139
Anexo 4 - Marcas Estandarizadas por PDVSA.....	144
Anexo 5 - Renglones Estándares API / ANSI.....	145
Anexo 6 y 7- Renglones catalogados en el RMM para tuberías de 20” y 26.....	152
Anexo 8 y 9 –Equivalencia en desempeño mecánico.....	157

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Proceso de Estandarización.....	7
Figura 2.	Cadena de valor del Proceso de Estandarización en PDVSA.....	38
Figura 3.	Modelo del Proceso del Proceso de Estandarización Implantado en PDVSA.....	39
Figura 4.	Subproceso de Normalización de Ingeniería.....	45
Figura 5.	Proceso del Maestro de Materiales.....	51
Figura 6.	Vistas Corporativas de la Organización (PDVSA).....	54
Figura 7.	Árbol de clasificación del registro de materiales.....	55
Figura 8.	Esquema de Implantación del Proceso de Estandarización.....	61
Figura 9.	Esquema organizacional propuesto.....	66
Figura 10.	Operación del proceso de Estandarización.....	67
Figura 11.	Cadena de valor del Proceso De Estandarización en PDVSA....	97
Figura 12.	Modelo del subproceso para la Normalización Técnica de Ingeniería.....	98
Figura 13.	Sistema de clasificación en PDVSA para el caso de tuberías de línea.....	116

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Valor de oportunidad del dinero.....	34
Tabla 2 – Costos totales del repuesto.....	35
Tabla 3 – Clasificación de los materiales según sea las Unidades de Negocios	73
Tabla 4 – Requerimientos Químico API 5L PSL1.....	87
Tabla 5 – Requerimientos Químico API 5L PSL2.....	87
Tabla 6 – Propiedades Mecánicas API 5L PSL1.....	89
Tabla 7 – Propiedades Mecánicas API 5L PSL2.....	89
Tabla 8 – Valores de Pruebas hidrostáticas.....	91
Tabla 9 – Ejemplo de índice de tuberías del RMM de PDVSA.....	101
Tabla 10– Número de variedades teóricas y número de variedades reales de la tubería de línea API 5L en PDVSA del año 2002.....	111
Tabla 11 – Identificación del número SAP para el caso de Tuberías de Línea..	115
Tabla 12 – Índice de servicios según la norma H-221 de PDVSA.....	119
Tabla 13 – Primer Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.....	122
Tabla 14 - Segundo Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.....	123
Tabla 15 - Tercer Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.....	124
Tabla 16 - Cuarto Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.....	125
Tabla 17 – Relación de Variedades de Tubería de Línea de 20” y 26”.....	126
Tabla 18 – Estimado de los costos tubería de 20”.....	127

LISTA DE ABREVIATURAS

ANS	American National Standard
ANSI	American National Standard Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Standard of Mechanical Engineers
ASTM	American Standard of Testing Materials
AWWA	American Water Work Association
BTC	Buttress Thread Casing
BS	British Standards
COPANT	Comisión Panamericana de Normas Técnicas
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales
DIN	Deutsches Institut für Normung
DRL	Double Random Length
DSAW	Double Sumerged Arc Welding
EIW	Electric Induction Welding
ERW	Electric Resistance Welding
GMAW	Gas Metal Arc Welding
IEC	International Electric Code
INTEVEP	Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo
ISO	International Standardization Organisation
IIW	International Institute of Welding
JIS	Japanese Industrial Standard
MESC	Materials Equipment Standard and Codes
MSS	Manufacture Standard Specification
NATO	North Atlantic Treaty Organisation
PDVSA	Petróleos de Venezuela S.A.
PSL	Product Specification Level

RMM	Registro Maestro de Materiales
SAP	Systems, Application, Products
SAW	Submerged Arc Welding
SENCAMER	Servicios Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos
SI	Sistema Internacional de Medidas
SRL	Single Random Length
STD	Standard
XS	Extra fuerte
XXS	Doble Extra Fuerte

INTRODUCCIÓN

La estandarización es un proceso que data de los años 1840 durante el desarrollo de la revolución industrial, posteriormente a inicios del siglo XX se han creado organismos e institutos con el objetivo de unificar criterios y establecer normas que cumplieran con la exigencias de las nuevas tecnologías y las ingenierías encargadas de su desarrollo.

El desarrollo de la estandarización en la industria petrolera data de la era previa a la nacionalización de la industria en 1975, luego se produce un crecimiento sostenido y con ello aumentó la necesidad de generar normas y procedimientos estándar para las operaciones que se vieron afectadas con la incorporación de nuevas tecnologías y procedimientos de Ingeniería. Adicionalmente el auge del crecimiento de la Industria manufacturera nacional estableció la premura de estandarizar materiales y equipos de uso en la industria petrolera y realizables en el país.

Hoy en día se plantea para la industria petrolera nacional una revisión y actualización de su proceso de estandarización, esto para todos los renglones de consumo en las operaciones, dándose como prioritario el inicio de esta actividad con el renglón de tuberías por ser el que representa en uso y dinero el de mayor significación.

El objetivo principal de este trabajo es el elaborar una propuesta de estandarización para la selección y uso de tuberías de línea y de procesos. Analizando los procesos internos de normalización técnica, racionalización y catalogación y la interacción que entre los mismos aplica actualmente la corporación PDVSA.

Para el logro del objetivo se hace necesario analizar y revisar el modelo del proceso de estandarización y la cadena de valor que genera este, así como la situación que actualmente se observa en PDVSA.

Con la base conceptual definida para el proceso de estandarización y el análisis de cada uno de los procesos internos (Normalización Técnica, Racionalización y Catalogación) aplicados al renglón de tuberías de línea se llega a una propuesta concreta no solo para tuberías si no también para el proceso global.

Es importante mencionar que las limitaciones que presenta actualmente PDVSA en cuanto a la obtención de información, particularmente lo referido al Plan mediano plazo de la Industria, ha limitado el desarrollo de la proyección en su análisis y estimado económico. Sin embargo se desarrollan dos ejemplos de tuberías de línea que visualizan la magnitud del trabajo y los beneficios que daría la implantación del Proceso de Estandarización en PDVSA.

El trabajo se ha estructurado en: Capítulo I, contiene el planteamiento del problema así como el objetivo general y los objetivos específicos de esta investigación. En el Capítulo II, se menciona al marco teórico usado como referencia. En el Capítulo III se explica lo relativo a la cadena de valor y modelo del proceso. En el Capítulo IV se establecen unas consideraciones generales sobre la situación actual del proceso de estandarización en PDVSA. El Capítulo V, contiene la propuesta de la aplicación del proceso de estandarización en PDVSA. El Capítulo VI trata sobre el tema bajo las perspectiva de los subprocesos considerados: normalización, racionalización y catalogación, y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La selección del uso de tuberías de línea y de procesos requiere de un análisis para reducir las variedades innecesarias y mejorar los costos involucrados en la adquisición de dichas tuberías.

Esta es una realidad que esta presente en todas las empresas petroleras en especial la corporación PDVSA.

Los criterios técnicos deben fundamentarse en estudio que conlleven a una evidente mejora en la selección y adquisición de tuberías.

La corporación PDVSA en esfuerzo para unificar los criterios actuales se ha visto en la necesidad de realizar un enfoque de selección y aplicación de tuberías mediante el análisis de sus procesos internos de normalización técnica, racionalización y catalogación.

En este sentido el presente trabajo es una contribución orientada hacia la consecución de los fines de la normalización, racionalización y catalogación, con cuya interacción se sugerirá una propuesta que se espera sea de utilidad práctica para dicha corporación.

1.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta para la Estandarización de Tuberías de Línea y de Procesos considerando las Especificaciones Técnicas de la Corporación PDVSA.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico sobre los distintos tipos de tuberías usados en la industria petrolera, normas técnicas aplicables y los distintos servicios a los cuales se destinan.
- Realizar un diagnóstico entre el proceso de normalización técnica y la catalogación para tuberías de línea y de procesos, así como entre los distintos de tipos de tuberías especificados en el RMM.
- Realizar una propuesta de estandarización para tuberías de línea y de procesos considerando, la normalización técnica, la catalogación, consumos, la fabricación nacional y la distribución local, compras directas de importación, aspectos económicos y operacionales.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO
NORMALIZACIÓN-RACIONALIZACIÓN-CATALOGACIÓN

Dentro de la industria petrolera e inclusive a nivel de país, posiblemente a nivel suramericano, se entiende el Proceso de Estandarización comprendido de la siguiente manera, ver figura 1.



Figura 1 – Proceso de Estandarización

Fuente: PDVSA

El Proceso de Estandarización se basa fundamentalmente en la unificación de criterios ya sea en el área tecnológica, térmica, en las características físicas de los materiales y en la forma que lo identificamos. Bajo esta concepción lo definiremos, como aquel proceso compuesto de las siguientes actividades.

- Normalización.
- Racionalización.
- Catalogación.

La Normalización se dirige hacia los aspectos técnicos y tecnológicos, obteniendo como producto principal normas técnicas de bienes, productos, ejemplos son: tuberías, normas de seguridad, alimentos, etc.

La Racionalización se entiende como a la “reducción de variedades” (Estandarización/Racionalización).

Finalmente el Proceso Catalogación comprende básicamente las actividades de codificar materiales y equipos y el de la descripción de estos, normalmente son registros que en una empresa son administrados bajo un sistema computarizado.

A continuación analizaremos en detalles cada uno de estos subprocesos aplicados en nuestro contexto. Con esta base se desarrolla el presente trabajo.

2.1 Normalización

La Normalización se crea por la necesidad de establecer normas comunes y comúnmente aceptadas, indispensables para el intercambio de productos e ideas para la producción en serie. La normalización limita la multiplicidad de los tipos; elimina la diversidad; la inconstancia y la incertidumbre de las normas y prescripciones, y crea las condiciones necesarias para la producción en grandes series con la colaboración en los diversos campos de la industria y, en definitiva, para la realización de sistemas de producción más perfeccionados y económicos.

La Normalización debe marchar a la par de del progreso, en el cual debe haber una participación dinámica y debe haber una actualización permanente siempre y cuando ocurra un avance tecnológico o mejoramiento de una norma. Para que ocurra un cambio debe tenerse en cuenta los resultados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, siempre deben ocurrir estos tres factores y nunca en solo de una de ellas.

Definición según la ISO “Es el proceso de formular y aplicar reglas para un enfoque metódico de una actividad específica, para el beneficio y con la cooperación de todos los interesados y, en particular, para la promoción de una óptima economía integral teniendo debidamente en cuenta las condiciones funcionales y los requisitos de seguridad. Está basada en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia. No determina solamente las bases para el desarrollo presente, sino también para el futuro, debiendo avanzar a la par del progreso”

La normalización es fundamental para:

- Facilitar la racionalización o intercambiabilidad de partes y componentes a menor costo, a través del establecimiento de un lenguaje común.
- Aportar soluciones a problemas recurrentes.
- Establecer los mecanismos para una selección adecuada de tecnologías foráneas.
- Proveer los instrumentos necesarios a fin de lograr una programación más efectiva de Aseguramiento de Calidad.
- Orientar técnicamente sobre los niveles de calidad de los productos.
- Proteger al consumidor.

Servir de apoyo al gobierno y a los industriales sobre las especificaciones exigidas en los mercados internos y externos para facilitar la comercialización de los productos.

2.1.1 Importancia y beneficios de la Normalización

A fin de ilustrar la importancia de la Normalización imaginemos cuan difícil sería entendernos en las operaciones comerciales si no existieran patrones de comparación ampliamente aceptados para determinar longitudes, peso, tiempo, etc.

A continuación se mencionan algunos de los beneficios que se derivan de la Normalización para las áreas de Ingeniería y Proyectos, Compras, Control de la Calidad, Inventarios, Producción y Mantenimiento de una empresa.

Beneficios para Ingeniería y Proyectos: La función de Ingeniería de Proyectos es considerada como una pieza clave en la Normalización, por cuanto las normas y diseño que se acuerdan en esta función tienen un impacto significativo para todas las áreas restantes de la empresa, por tanto es de suma importancia que esta fase esté totalmente alineada al resto del proceso. Los principales beneficios que se tienen en esta área de Ingeniería y Proyectos son:

- Reduce el número de horas técnicas en la preparación del diseño de productos.
- Mejora la confiabilidad y reduce la incertidumbre al utilizar artículos conocidos.
- Reduce el riesgo de errores técnicos en las decisiones.
- Aumenta el tiempo disponible requerido para trabajar en maniobras o diseños especiales.
- Reduce la necesidad de comunicación especial entre técnicos, operarios de producción, etc.
- Reduce el tiempo de ajuste de personal técnico nuevo.
- Reduce la necesidad de tomar continuamente decisiones de menor orden.
- Reduce la necesidad de ensayos y aprobación de partes especiales y desconocidos.
- Reduce los esfuerzos en la re-elaboración de planos y diseños.
- Mejora la intercambiabilidad de partes, diseños, empaques, aparatos de ensayos, etc.
- Promueve el uso de mejores métodos y productos.
- Ayuda a eliminar prácticas equivocadas basadas en prejuicios, tradición, propaganda, etc.
- Desarrolla estimados de costo en forma más económica.

Beneficios para la Función de Compras: Para el área de compras podemos mencionar entre otros beneficios los siguientes:

- Aumenta el poder adquisitivo a través de pedidos mayores de menos artículos.
- Reduce el número de órdenes de compra, recibos y pagos.
- Reduce el tiempo de entrega.
- Proporciona un lenguaje común entre comprador y vendedor reduciendo así el tiempo requerido en las negociaciones.
- Coloca a todos los proveedores bajo una base comparativa justa.
- Promueve las compras por valor intrínseco del producto, en lugar de ventas en base a conversaciones.

Beneficios para el Control de la Calidad:

- Mejora el Control de la Calidad basado en especificaciones aprobadas y explícitas.
- Disminuye el riesgo de malentendidos con proveedores.
- Proporciona mejor control de producto final.
- Reduce y simplifica la inspección (planes de muestreo, etc).

Beneficios para la Administración de Inventarios y Existencia:

- Reduce los requerimientos de capital y de capital retenido en inventario.
- Reduce el volumen de registros.
- Reduce área de almacenaje.
- Reduce el manejo de materiales.
- Reduce el riesgo de obsolescencia y deterioro.
- Reduce el tiempo del almacenista.
- Reduce el entrenamiento del almacenista.

-
- Proporciona una base para el manejo, procesamiento de datos, la reducción de errores.
 - Proporciona un servicio más eficaz.

Beneficios para el área de Producción: La Normalización permite una organización racional de las operaciones, reducción de los rechazos, aumento y regularización de la producción, reducción de gastos administrativos, etc. Los beneficios para el área de Producción son los siguientes:

- Aumenta las actividades rutinarias y ayuda a familiarizar al personal con ensamblaje y producción
- Disminuye el re-trabajo.
- Genera economías a través de máquinas especiales que efectúan operaciones normales, utilizando piezas normalizadas o estándares.
- Reduce la necesidad de usar herramientas, entrenamientos, planos y ensayos especiales.
- Reduce el número de métodos de producción, esfuerzos de ingeniería industrial y la mano de obra.
- Evita retrasos en la producción a través del almacenaje de partes normalizadas.

Beneficios para el área de Mantenimiento:

- Reducción de tiempo de paradas y número de averías.
- Reducción del tiempo para mantenimiento preventivo.
- Reducción del tiempo para reparaciones.
- Disminuye el número de despachos críticos.
- Reduce el número de trabajos desconocidos encontrados sobre la marcha.
- Reduce el número de repuestos.

-
- Disminuye el tamaño y complejidad de manuales de servicio.
 - Reduce el tiempo de entrenamiento del operario.

En general podemos decir que la Normalización permite el establecimiento de garantías de calidad, regularidad, seguridad e intercambiabilidad de producto y servicios; asimismo, facilita la formación de pedidos, permite comparar las ofertas, etc. Con respecto al aspecto económico, la Normalización permite una mejora en la calidad, cantidad y regularidad de la producción, disminuye los costos de distribución y la posibilidad de litigios, facilita el intercambio en el mercado internacional, permite un ajuste entre la oferta y la demanda, etc.

En el Anexo 1 (ver página 137), a manera de ilustración, podemos observar los efectos económicos que tiene la Normalización en una empresa.

2.1.2 Normas Fundamentales y Técnicas.

Las Normas Fundamentales se refieren esencialmente a:

- Terminología.
- Unidades.
- Símbolos.
- Métodos de Medidas.
- Documentación.
- Clasificación.
- Codificación.

Normas Técnicas: Son las disposiciones relativas a dimensiones, calidad y aptitud para el uso, métodos de ensayos (físicos, químicos, mecánicos, etc.); métodos

para la toma de muestras y Control de la Calidad; ensayos de recepción; reglamentaciones de seguridad, códigos de práctica para la construcción, instalación y conservación. Para su nivel de aplicación, las normas técnicas se dividen en:

- Normalización de Empresa: Son la serie de esfuerzos realizados dentro de una empresa específica orientados a promover, desarrollar, adoptar, aplicar y actualizar normas para la misma. Para dar respuesta a intereses muy bien definidos las normas producidas tienen un gran nivel de detalle (lo que la empresa considere necesario). En los países desarrollados la Normalización elaborada por las empresas, incluye el estudio de normas a otros niveles debido a que es en las empresas donde se perciben los efectos de los cambios tecnológicos y donde están los especialistas en cada producto o servicio. A su vez la Normalización en la empresa se nutre de los avances que se estén realizando en otros países (nivel internacional) y en el propio país (nivel nacional).
- Norma de Asociación: Es la que utiliza una entidad que representa un grupo de personas o empresas que se desempeñan en un campo de interés común.
- Norma Nacional: Es la sancionada por el organismo nacional de Normalización. En Venezuela las establece el Ministerio de Producción y Cámara de Servicio Autónomos para la normalización, calidad y metodología, SENCAMER.
- Norma Internacional: Resulta de los acuerdos realizados entre los Organismos de Normalización de los países que poseen un interés común en la materia estudiada. Estas Normas pueden ser:
 - Regionales: Son las sancionadas por Organismos Regionales. Por ejemplo: Las Normas COPANT, NATO, etc.
 - Internacionales: Establecidas por la Organización Internacional de

Normalización ISO.

2.1.3 Normas desarrolladas por la empresa

Los materiales y equipos usados por las empresas petroleras, en la medida de lo posible se encuentran normalizados centralmente. Las normas de la empresa se basan en la mayoría de los casos en normas industriales, normas nacionales y si existen en especificaciones estándares internacionales referentes a diseño, calidad, dimensiones, etc; que mejor combinan los requisitos que debe reunir un artículo.

Un Ejemplo de una norma industrial es: Las normas petroleras API (American Petroleum Institute), entre otras normas nacionales o internacionales cabe citar las siguientes:

COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales).

BS (British Industrie-Norman).

IEC (International Electrical Code).

ANS (American National Standards).

ISO (International Standarization Organization).

JIS (Japanese Industrial Standards).

Para definir las condiciones requeridas de los materiales, se eligen las normas que se basan en las necesidades de la industria petrolera, petroquímica y minera, así como en la práctica desarrollada en esas industrias y otras análogas. También se presta la debida atención a las diferencias entre los métodos de fabricación en los países donde normalmente conviene a la empresa hacer sus compras. No obstante, la empresa no tiene preferencia especial por las normas publicadas en ningún país en particular. Las normas de la empresa se establecen previa consulta de asesores técnicos y operadores.

2.2 Racionalización

La Racionalización es el subproceso de selección o preparación de una Especificación Estándar mas adecuada para que los materiales y equipos utilizados por la empresa puedan prestar un servicio seguro, económico y eficaz. En empresas donde existe la variedad de materiales en existencia, esta tiende a proliferar innecesariamente con el consecuente efecto antieconómico.

La Racionalización contribuye a:

- Reducir las inversiones totales en existencias, por la disminución de la variedad de tipos y tamaños.
- Disminuir el número de artículos (renglones) en existencia, y por consiguiente también los costos de administración, de almacenamiento y de personal.
- Reducir obsolescencia (pérdida del valor a consecuencia del progreso técnico) de materiales y equipos.
- Reducir los costos de diseño, construcción y conservación.
- Cumplir mejor las exigencias de calidad.
- Aumentar la seguridad de las operaciones.
- Acortar los plazos de entrega.
- Incrementar la capacidad de compra (ya que se compran los artículos en cantidades mayores pero en surtidos mas pequeños).
- Mejorar la comunicación.
- Contribuir con el desarrollo del plantel nacional de fabricantes.

Para lograr una óptima Racionalización , es necesario definir con exactitud los criterios que serán utilizados, es decir, elementos tales como, criterios requisitos de

sobre calidad, requisitos técnicos deseables, la influencia del precio y/o costo, la frecuencia de uso, disponibilidad en el mercado, etc. Con esta base se decide qué materiales generales y repuestos se mantendrán en existencia o en convenios de compra, asegurando de esta manera el mantenimiento operacional de los equipos y plantas.

Las actividades de racionalización que se llevan a cabo en una empresa, deben estar relacionadas con la normalización, y enlazada con la catalogación. Para tal fin la empresa debe contar con la asistencia de una organización responsable para esta actividad y dirigida básicamente a establecer los materiales y equipos estándares para llevar a cabo sus operaciones.

Las ventajas de una política sana de racionalización se manifiestan claramente en la equilibrada variedad de renglones en existencia, resulta a veces difícil traducir en cifras los beneficios que nos trae la implantación de este proceso. Por otra parte, el caos administrativo y/o las existencias desmesuradas que puedan resultar de una racionalización deficiente, saltarán a la vista de todos los interesados.

La experiencia práctica demuestra que en las empresas que tienen a partir de 8000 renglones en existencia puede justificar la creación e implantación de las actividades de racionalización. Sin embargo la complejidad de una organización de este tipo dependerá de los factores pertinentes en cada tipo de empresa.

Las empresas que tienen más de un almacén o varias organizaciones operativas estarán por regla general mejor servidas si utilizan un sistema centralizado de estandarización que defina y controle los materiales y equipos estándares que se seleccionen.

Una política dinámica y exitosa para la racionalización requiere del respaldo de la gerencia y de la cooperación activa entre las Organizaciones Técnicas, Operacionales, Administrativas y Unidades de Procura Materiales. Entre estos aspectos mencionaremos los siguientes:

En la racionalización es menester definir oportunamente los renglones estándares para garantizar la implantación y funcionamiento de esta actividad, así como definir los elementos necesario para su mantenimiento.

2.2.1 Caracterización de renglones estándares

Por experiencia se tiene, que distintas empresas han caracterizado sus renglones estándares por medio de indicadores que constituyen una guía clara de selección para las organizaciones responsables que llevan a cabo la estandarización. Estos indicadores sirven para clasificar los renglones estándares contenidos en todas las categorías de materiales y equipos. Como ejemplo de referencia podemos observar que en una Empresa Petrolera pueden tenerse los siguientes indicadores:

- S - Renglones de la existencia general: son los renglones seleccionados como estándares. De estos renglones se ordenan nuevas remesas. También se aplica a los repuestos que deben ser reemplazados regularmente debido a desgaste o deterioro.
- T - Selección Técnica: Son los renglones que se deben conservar en los registros, pero que no es necesario mantener en existencia. Estos materiales solo se ordenan a requerimiento de las organizaciones de operación para fines específicos. También se incluyen aquí aquellas piezas de recambio que se ordenan separadamente para un determinado trabajo de mantenimiento.

-
- I - Conjuntos completos de aseguramiento, por regla general incluye a los materiales costosos y de consumo imprescindible, caracterizados por un largo tiempo de entrega, y necesarios en el momento de una avería (ejemplo un conjunto de rotor para un compresor centrífugo).
 - Y - Conjuntos de aseguramiento que pueden ser capitalizados. Renglones que tienen un incentivo fiscal y de alto valor unitario capitalizado y amortizado anualmente.

Para indicar que determinados renglones no deben continuar siendo considerados como estándar y que tiene que ser agotada su existencia, se recomiendan otros indicadores como son:

- N - Material del cual no se deben ordenar nuevas adquisiciones, pero para el cual todavía se prevé un posible uso. Esta situación debe ser del conocimiento de operadores y mantenedores.
- X - Materiales para el cual no se prevé ningún uso futuro y que deben ser considerados como existencias sin movimiento.

2.2.2 Preparación de renglones estándares

Los renglones estándares seleccionados por la empresa deben contener la siguiente información:

- Descripción del material o equipo.
- Unidades de medida.
- Código del material o equipo.
- Indicador de clasificación del estándar.
- Las compañías que cuentan con más de un almacén pueden considerar la conveniencia de usar un indicador de almacén o de unidad.

-
- Preferencias entre los materiales de sustitución, materiales codificados como generales y selecciones de repuestos para equipos similares, y los materiales intercambiables codificados en otra parte.
 - Información adicional, por ejemplo para renglones especiales una indicación de dónde se usan.

2.2.3 Proceso de inclusión de nuevos renglones estándares

Para incluir nuevos estándares deben usarse solicitudes controladas por la organización responsable de la racionalización. Estas solicitudes deben contener la información pertinente llevada por el requeriente, y al menos debe contener:

- Requeriente.
- Razones para la propuesta.
- Descripción del material.
- Aprobación de la gerencia requeriente.
- Propósito para el cual el material es requerido.
- Consumo anual estimado.
- Condiciones locales que influyen sobre la propuesta, leyes, fabricación local, políticas sobre importación, etc.

Las solicitudes deben ser analizadas y aprobadas por equipos de trabajo multidisciplinarios estructurados para cumplir las políticas y lineamientos de la empresa en cuanto a la racionalización. Normalmente estos equipos de trabajo multidisciplinarios están divididos por grupos de materiales y por equipos afines. Sus integrantes debiesen poseer amplios conocimientos y experiencia, y los mismos provienen de distintas organizaciones dentro de la corporación como por ejemplo: asesores, usuarios, mantenedores, administradores, etc.

Una vez que el material es aprobado y se determina su selección como estándar es catalogado, donde se determina el código y se elabora la descripción del material de acuerdo a los criterios de la organización responsable por esta actividad. Para garantizar la coherencia global del proceso de estandarización la descripción del material debe estar alineada con la norma técnica que aplica y debe ser aprobada por la organización de normas técnicas de la empresa.

2.2.4 Racionalización de equipos y selección de repuestos

El término “equipos” se entienden como a los renglones que no forman parte de la existencia normal y cuya adquisición corre por cuenta del presupuesto de gastos de capital, por ejemplo:

- Equipos con partes no movibles, tales como enfriadores, condensadores, y tanques. Los estándares para el diseño y la construcción de tales equipos han sido establecidas por las funciones técnicas encargadas de los proyectos de la empresa. En la medida de lo posible, las especificaciones de ingeniería deben hacer referencia a los materiales y equipos estándares de la empresa.
- Equipos con partes sujetas a desgaste, como motores, compresores, etc. Para estos equipos, el trabajo involucrado en decidir sobre estándares se limita mayormente a la selección de marcas y tipos apropiados disponibles en el mercado. En esta categoría entran también una gran cantidad de equipos hechos a la medida, contruidos especialmente para satisfacer condiciones específicas de procesos y/o de funcionamiento.

Dos equipos de diferente fabricación no serán intercambiables, aunque su funcionamiento sea parecido. Por eso la marca y el tipo de equipo influyen en las estándares seleccionados por la empresa. La elección de un surtido limitado de

equipos estándares dentro de la empresa petrolera supondrá una reducción de las inversiones en repuestos y a la vez aumentará la eficacia de las operaciones, por ejemplo; contribuye a la simplificación de operaciones, adiestramiento, mantenimiento, etc.

La elección de equipos cae bajo la responsabilidad de las Unidades Técnicas, pero la interacción con la organización de estandarización deberá asegurar que al hacerse la selección se tengan en cuenta las consecuencias para la existencia de repuestos.

Es importante tener presente y aprovechar las oportunidades de la racionalización de equipos en la fase temprana de la ejecución de los proyectos. Aparte de consideraciones técnicas, hay otros factores que influyen en la estandarización de equipos. Cabe citar por ejemplo:

- El costo inicial del equipo primario.
- Costo de los repuestos.
- Fiabilidad del fabricante y/o sus representantes.
- Plazo de entrega del equipo primario.
- Disponibilidad de repuestos.
- Fabricación nacional.

El funcionamiento (eficacia y rendimiento) del equipo primario y su importancia para las operaciones de la empresa, son factores básicos para la selección de repuestos. En consecuencia, uno de los primeros pasos hacia el control eficaz y económico del inventario de repuestos consiste en clasificar los equipos de acuerdo con las categorías siguientes:

-
- Equipos vitales.
 - Equipos indispensables.
 - Equipos auxiliares y para uso personal.

Corresponde a las unidades de operación determinar la clasificación de cada equipo. No siempre es factible tratar todos los equipos de la misma manera, para ello deben establecerse los criterios técnicos que puedan diferenciar uno del otro y así orientar la gestión de estandarización hacia objetivos y metas que agreguen valor a la corporación.

2.2.5 Repuestos para el funcionamiento inicial de un equipo

Repuestos iniciales son los repuestos necesarios para asegurar el funcionamiento de un equipo nuevo durante el período de puesta en marcha de un proyecto.

Al ordenar equipos nuevos, es recomendable solicitar a los proveedores que suministren listas muy detalladas de los repuestos, junto con sus recomendaciones relativas a los repuestos que serán necesarios para la puesta en marcha y para el funcionamiento del equipo durante un año, así como, la identificación de los repuestos intercambiables con equipos que ya posee la Empresa. Las recomendaciones relativas a repuestos deben estudiarse detenidamente antes de ordenar el pedido.

Se recomienda que los pedidos de repuestos iniciales (junto con el equipo primario) se basen en un esfuerzo común de la organización de estandarización con

las funciones de compra, a fin de asegurar que no se ordenen repuestos que ya se tienen en existencia.

2.2.6 Revisiones a la selección de renglones estándares

A pesar de los esfuerzos diarios de analizadores de existencias en el campo del control de inventario, en cuyo trabajo cuentan con el apoyo de la organización de estandarización, es necesario revisar periódicamente la selección de los estándares y de los renglones efectivamente en existencia. De no efectuarse estas revisiones de selección, los inventarios de materiales tienden a incrementarse antieconómicamente. El objeto de las revisiones de selección es asegurar que los estándares seleccionados y la selección de renglones en existencia proporcionen la solución más adecuada a los requerimientos de materiales de la empresa.

El trabajo de revisión requiere una cooperación estrecha entre la organización de estandarización y las unidades operadoras, así como el apoyo de la Gerencia. La organización de catalogación es por regla general la promotora de las revisiones de selección de material y a ella le incumbe suministrar datos sobre la cantidad y el valor de renglones en existencia, movimientos de existencia, intercambiabilidad y sustitución. Es muy necesaria una colaboración íntima con las unidades operadoras para determinar las posibilidades de intercambiabilidad y sustitución.

Debe constituirse un Comité de Estándares, integrado por representantes de la organización de estandarización y de las unidades operadoras interesadas, para cada grupo de la familia de materiales (por ejemplo materiales de perforación y producción, materiales generales, repuestos, materiales de laboratorio, materiales de seguridad, etc). Estos son los grupos de trabajo que llevan a cabo la revisión al proceso estandarización.

Las decisiones tomadas por el Comité de Estándares deben considerarse como obligatorias. Por otra parte, los miembros deben poseer la autoridad necesaria para tomar decisiones. Los representantes de estos Equipos de Trabajo/Comité de Estándares, deben tener un conocimiento sólido de materiales, objeto de la revisión, operación del material, desempeño, mantenimiento, así como de los principios de control de inventario, pronóstico de consumos, evaluación del costo de mantener existencias de materiales con relación al riesgo de no tenerlas, los aspectos económicos de eliminar o de guardar materiales sobrantes, etc, son otros tantos temas que vienen al caso en las discusiones del Comité de Estándares.

Aunque el método de llevar a cabo una revisión de estándares depende de la empresa y en parte de las circunstancias locales, el procedimiento general es el siguiente:

- Preparación de un programa preferentemente con base anual y soportado con información estadística sobre el movimiento del inventario. Esto debe mostrar el número de renglones y el valor total por indicador de clasificación. Esta información permitirá determinar las áreas de poco movimiento en el inventario.
- Determinar la interrelación de los materiales, por ejemplo: iniciar con tuberías, continuar con sus conexos como son sus conexiones, válvulas y accesorios de tuberías. La gestión de racionalizar sobre un determinado material bajo un mismo sistema, tiene efecto inmediato sobre los otros materiales.
- Asignar la cobertura del programa por área de especialización y dependiendo de cómo se tengan que clasificar los materiales y equipos en la empresa.

-
- Diseñar hojas con información sobre cada renglón contenido en el programa de revisión.
 - Llegar a acuerdos con las Unidades Operadoras, en cuanto a las siguientes consideraciones:
 - Duración del equipo primario.
 - Número de unidades instaladas.
 - Condiciones originales del equipo en servicio y cambio de esas condiciones.
 - Intercambiabilidad de repuestos.
 - Disponibilidad en el mercado.
 - Fabricación Nacional.
 - Elaborar la relación de los resultados en la revisión de estándares.

2.3 Catalogación

La Catalogación esta compuesto por dos actividades principales:

- Codificación de materiales y equipos.
- Descripción de materiales y equipos.

Este subproceso implica un único código para cada descripción de materiales y equipos usados en la empresa.

La Codificación es el proceso mediante el cual se le asigna un código único a cada material y equipo y normalmente esta compuesto por una serie de dígitos o letras con significados especiales, fijados previamente que permitan la identificación y clasificación de materiales en forma clara y precisa. Algunas de las razones para utilizar un Sistema de Codificación de materiales se enumeran a continuación:

-
- Optimizar la información y/o comunicación entre las unidades compradoras, solicitantes de materiales, fabricantes y proveedores.
 - Facilitar una identificación lógica y positiva de materiales y equipos que permitan obtener una idea clara del conjunto, así como la relación entre diferentes renglones.
 - Proveer un método práctico y lógico para la disposición ordenada de materiales en almacenes y patios o terrenos de depósitos.
 - Permitir el registro de renglones en sistemas electrónicos para la elaboración de datos sobre materiales.
 - Proporcionar una base uniforme para sistemas de archivos, para la presentación de datos estadísticos etc.

Para los usuarios de un sistema codificado de materiales y equipos este reviste dos aspectos interesantes relacionados con el proceso de estandarización, ellos son:

- Facilidad para racionalizar por selección.
- Facilidad de codificar materiales y equipos.

2.3.1 Estructura de la Codificación

Como mencionamos anteriormente debe haber una relación única entre el código asignado a un material y la descripción que a este corresponde. Por tanto podemos decir que la Codificación se diseña para proveer un método de Clasificación e Identificación de materiales para el uso de las empresas, así podemos conseguir códigos individuales por empresa diseñados de acuerdo a las características y necesidades propias a cada una de ellas.

La descripción del material deberá contener una base técnica alineada perfectamente con la normalización. Esto garantiza la conformidad entre ambas actividades, así como las características y requisitos técnicos establecidas en las normas técnicas de la empresa. Para esta fase, normalmente se requiere de personal con conocimientos y experiencia suficiente para expresar estas condiciones de una forma clara, precisa y resumida.

La codificación y la descripción de los materiales y equipos por lo general han sido sistematizados en las empresas de envergadura, ejemplo la Industria Petrolera.

A continuación explicaremos las características de un código de materiales y equipos típicamente usado en la Industria Petrolera:

- En el código debe establecerse una clasificación primaria de materiales y equipos asociados con la naturaleza del negocio de la empresa. En el caso de la Industria Petrolera esta clasificación puede ser la siguiente:
 - Perforación y Producción.
 - Plantas y Maquinarias.
 - Transporte.
 - Instrumentación y Accesorios de Máquinas.
 - Construcción, Tanques y Equipos de Taller.
 - Eléctricos.
 - Tuberías, Válvulas y Conexiones.
 - Material de Construcción, Metales y Ferretería.
 - Herramientas y Empaquetaduras.
 - Pinturas, Químicos y Laboratorio.
 - Médica.
 - Seguridad Industrial, Oficina y Viviendas.

-
- Debe ser estructurado de tal forma que puedan ser insertados nuevos renglones de una forma sencilla y lógica.
 - Suficientemente largo para ofrecer la flexibilidad necesaria en futuras aplicaciones y a la vez suficientemente rígido para guiar a los usuarios en los números correctos y lógicos del código. Por lo general un sistema de codificación corto es poco flexible y escasamente susceptible de ampliación.
 - Los códigos contienen en la mayoría de los casos estándares de normas industriales, normas nacionales y si existen en especificaciones estándares internacionales, referentes a diseño, calidad, dimensiones, ensayos, etc, que mejor combinen los requisitos que deben reunir un material o equipo.
 - Los componentes de un código deben considerar al menos los siguientes puntos:
 - Grupo principal: generalmente determinados por la función y el uso de los materiales y equipos, en algunos casos el factor decisivo es la similitud en almacenamiento y administración de estos.
 - Subgrupo: que depende del tipo de materiales que abarcan el grupo principal o categorías de materiales a fines que caen bajo un asola descripción general.
 - Número de renglón: que sirven para completar la identificación de renglones individuales.
 - Indicador de estandarización: que se usa para clasificar los materiales.

2.3.2 Responsabilidades del sistema de codificación

Las responsabilidades del Sistema de Codificación en una empresa son normalmente:

- La distribución, puesta al día y control de todas las publicaciones de códigos en posesión de la empresa.
- La asignación de números de código a todos los materiales y equipos no codificados, con arreglo al esquema de codificación, la preparación de descripciones para uso uniforme, y la asignación del indicador de clasificación.
- La compilación, distribución y puesta al día de los estándares seleccionados por la empresa.
- La coordinación de las revisiones de selección.
- La preparación y puesta al día de folletos de repuestos.
- El establecimiento y la actualización de catálogos de proveedores y literatura de consulta, preferentemente en colaboración con la biblioteca central de haberla.
- La prestación de ayuda, cuando sea necesaria, en la identificación positiva de materiales, por ejemplo; a la recepción de determinadas remesas nuevas, para reintegro de materiales a la existencia o para la solución de problemas que se presenten durante la verificación de existencias.

2.4 Relación Valor – Variedad e Inventarios

Para hacer una comparación entre el valor y el número de renglones mas importantes de los materiales y equipos usados en la industria petrolera, es necesario definir estos por categorías. Estas dependerán de cada empresa y a título de ejemplo diseñaremos una categorización aplicable a la industria petrolera. Adicionalmente mostraremos algunos ejemplos sobre esta matriz donde observaremos el costo real de determinados materiales y el costo de mantenerlos en existencia. Estos ejemplos tienen por objeto resaltar la necesidad de un control adecuado y eficaz en la administración de materiales y equipos.

En el Anexo 2 (ver página 138), podemos observar la categorización que a título de ejemplo se ha diseñado.

Como referencia daremos a continuación algunos precios de materiales comúnmente usados en la Industria Petrolera:

- Espárragos RoscadosUS \$50 por 100 piezas
- Válvula de bola, acero al carbono,
bridada, clase 300, tamaño nominal 8”US \$ 1750
- Montacargas, capacidad 2000 Kg.
levantamiento 3,5 m.....US \$ 35000

En nuestro caso de estudio de tuberías se dan a continuación ejemplos de costo:

<ul style="list-style-type: none"> • <u>Tuberías</u> 	US \$/100ft
Tipo	
20", J55 94 lb/ft, BTC	4532
13 3/8", N80, 72 lb/ft, BTC	1980
9 5/8", N80, 47 lb/ft, BTC	1704
7", N80, 29 lb/ft, BTC	1004
3 1/2", C75, 9,35 lb/ft, CS	1296

2.4.1 Costo de mantener materiales en existencia

A pesar de los esfuerzos diarios que en una empresa tienen los analistas, en el área del control de inventario, estos deben contar con el apoyo de la organización de estandarización. Por ello es necesario establecer en la empresa la revisión periódica de los materiales y equipos estándares y los renglones efectivamente en existencia. El objeto de las revisiones es asegurar que los materiales y equipos seleccionados como estándares y los renglones seleccionados para existencia, proporcionen la solución mas adecuada a los requerimientos de la empresa.

El personal de la unidad encargada de las revisiones de selección, debe tener buenos conocimientos de los principios del control de inventario, pronóstico de consumo, evaluación del costo de mantener existencias de materiales con relación al riesgo de no tener en existencias y los aspectos económicos de eliminar o de guardar materiales sobrantes, etc. Son todos temas que viene al caso en las discusiones sobre selección de materiales.

El costo de mantener materiales en existencia, no solo no cesa una vez que se hayan comprado estos, sino que se incrementan cuando el tiempo de almacenamiento aumenta. El aumento del costo de materiales en existencia se debe entre otros factores

a la pérdida de valor de oportunidad del dinero y que el dinero invertido en inventarios no genere intereses, por el contrario se pierda la oportunidad de invertirlo en otras áreas de la empresa o que gane dinero en otro tipo de inversión.

Solo después de la entrega y utilización o instalación de materiales, su costo es cargado a la cuenta de pérdidas y ganancias, o sólo entonces empieza a depreciarse su valor para los efectos de deducción de impuestos.

En otras palabras, el dinero inmovilizado en inventarios representa una inversión antes de deducir impuestos, lo que significa que la tasa de interés aplicable será de cerca de un 18,8 por 100 por año.

Ilustrando con un ejemplo la situación de los materiales en inventario, tenemos:

Un repuesto estándar es seleccionado como renglón para existencia. Se compra en 1997 y se incorpora a la cuenta de existencias por un valor de \$1000 (costo, seguro y flete descargado más gastos de manipulación). Se expedirá el repuesto al valor de US \$ 1000, tal como aparece en la cuenta de existencias, ya que generalmente no se tiene en cuenta la pérdida del valor de oportunidad del dinero durante todo el tiempo que el repuesto figure en la cuenta de existencias. En este caso los costos asociados al tiempo que el material ha permanecido en el almacén sin movimiento y tomando como referencia una tasa de interés del 18.8 % señalado anteriormente, se muestra en el cuadro siguiente:

1 año	188	188	188	188
2 año	-	223	223	223
3 año	-	-	265	265
4 año	-	-	-	315
TOTAL	US \$ 188	US \$ 411	US \$ 676	US \$ 991
(Valor de Oportunidad)				
Tabla 1-Valor de oportunidad				

Para mayor simplicidad, hacemos caso omiso de los costos de almacenamiento, mantenimiento y administración, que podrían incluirse en este cálculo.

El ejemplo demuestra que:

a.- Si al cabo de cuatro años todavía tuviésemos este repuesto en existencia, hubiéramos incurrido, aparte de la inversión inicial de US \$ 1000, en un costo adicional, digamos “oculto”, de otros US \$ 991 causa de la pérdida del valor de oportunidad del dinero, únicamente para asegurar la disponibilidad del repuesto.

b.- El costo de disponibilidad no cesó en el momento en que compramos el repuesto y lo dejamos en el almacén, sino que se mantenía e incrementaba año tras año, como hace ver el ejemplo.

c.- Si al cabo de tres años, comprobamos en una revisión de selección que el repuesto no ha registrado movimiento durante esos tres años, y la unidad operadora confirma que el repuesto no es realmente necesario y puede ser eliminado, des-contabilizamos su valor contable US \$ 1000 (para mayor simplicidad hacemos casos omiso de cualquier ingreso proveniente de su venta) y recibimos una deducción de impuestos en concepto de eliminación, que estimamos será de un 50 por ciento o sea US \$ 500.

El costo real “oculto” para la compañía será entonces:

Costo del material, valor contable	US \$ 1000
Pérdida del valor de oportunidad de capital	US \$ 676 +
	US \$ 1676
Deducción de impuestos	US \$ 500 -
Costos totales del repuesto hasta el 3 año (sin considerar cualquier ingreso proveniente de su eliminación, después de deducidos los impuestos)	US \$ 1176

Tabla 2 – Costos totales del repuesto

Este cálculo demuestra que en algún momento durante el tercer año, el costo total del repuesto después de deducir los impuestos es igual al precio del costo original antes de deducir los impuestos. Si un renglón registra un movimiento con intervalos más largos que 2 a 3 años, nos costará más que su valor contable original. Por este motivo debemos recomendar que no se mantengan en existencia renglones de tan escaso movimiento.

CAPITULO III
CADENA DE VALOR Y
MODELO DEL PROCESO

Todo proceso debemos entenderlo como aquellas actividades que por su importancia y orden agregan valor a una corporación o empresa. Una vez identificados estas actividades y establecido el orden lógico obtenemos la Cadena de Valor, que se hace operativa por medio de los que denominaremos Modelo del Proceso.

El paso siguiente lo constituye el diseño de la Cadena de Valor y el Modelo del Proceso, este ultimo hará posible la operación de la Cadena de Valor.

3.1 Cadena de Valor

A continuación consideraremos los subprocesos fundamentales de la estandarización, en el orden lógico de consecución que debe existir entre ellos, dentro de la Cadena de Valor del Proceso:

- Subproceso de Normalización.
- Subproceso de Racionalización.
- Subproceso de Catalogación.

El diseño o estructuración de la Cadena de Valor debe considerar los aspectos que hacen posible que el proceso tenga inicio o puesta en marcha. Estos aspectos los definimos como las necesidades, insumo o materias primas. Por ello es importante conocer en esencia elementos tales como, ¿quién es el proveedor?, ¿quién es el cliente del proceso?, ¿cuales son las actividades que se cubrirán y cuales son sus datos?, ¿qué posibilidad existe de obtener la información?, etc. En resumen definiendo el alcance de esta primera fase del proceso se justifica la existencia del mismo. Una vez identificados estos elementos, establecida la dependencia que tienen

con el proceso y definida la relación entre el cliente y proveedores, determinamos la primera fase del mismo la cual denominaremos detección de necesidades.

Finalmente toda Cadena de Valor aplicado a PDVSA debe señalar cual es el producto resultado de las acciones anteriores del proceso de estandarización.

Esquemáticamente observamos que lo anteriormente planteado para la Cadena de Valor del Proceso de Estandarización, la podemos expresar de la siguiente manera, (ver figura 2):

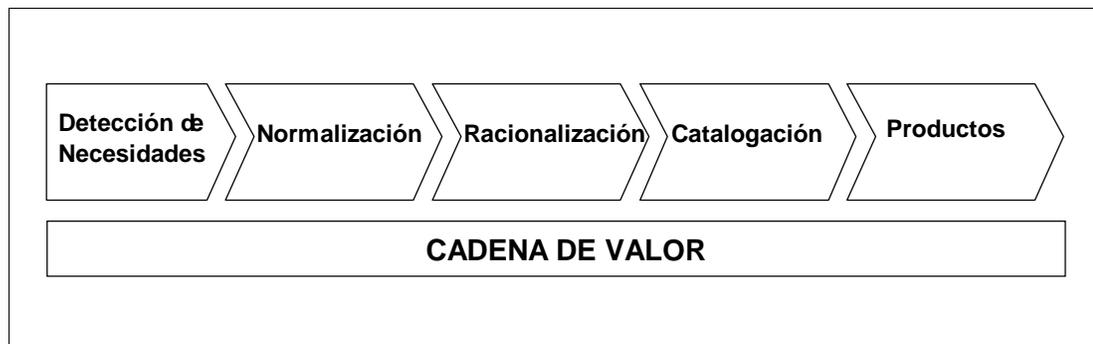


Figura 2 – Cadena de Valor del Proceso de Estandarización en PDVSA

Fuente: PDVSA

3.2 Modelo Del Proceso según la Cadena de Valor en PDVSA

Una vez determinada la Cadena de Valor es necesario definir el Modelo del Proceso y sus elementos. Es importante mencionar que estos pueden ser diferentes de una empresa a otra, inclusive entre organizaciones de una misma empresa, depende de la naturaleza propia del proceso y de las características de cada empresa u organización. El modelo definido por PDVSA, representado en la figura 3, contiene

los elementos identificados para la fase de arranque de la estandarización. Hay que señalar que estos elementos pueden cambiar una vez que el proceso esté operativo.

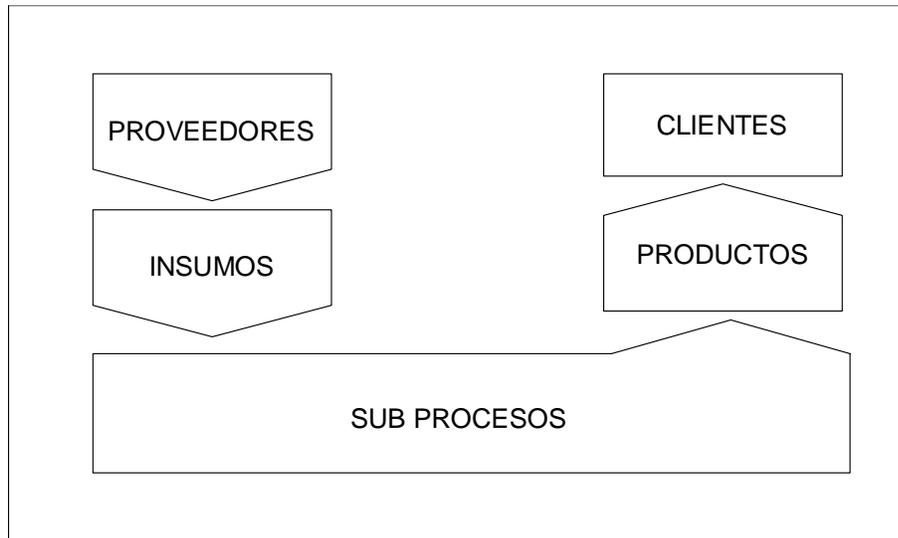


Figura 3 – Modelo del Proceso de Estandarización implantado en PDVSA

Fuente: PDSVA

Los elementos considerados en el Modelo del Proceso para la fase de Implantación de la Estandarización tal y como se observa en la figura son los siguientes:

- Quienes son los proveedores del Proceso.
- Insumos necesarios para su funcionamiento.
- Implantación de los subprocesos.
- Productos y resultados del proceso.
- Quienes son los clientes del proceso.

El alcance de cada uno de estos elementos se explica a continuación:

3.2.1 Proveedores del proceso de estandarización

- PDVSA: Centro Corporativo, Unidades Operacionales / Filiales.
- Contratista, Consultores y Proveedores.
- Sector petrolero ampliado.
- Entes no gubernamentales (cámaras, gremios)
- Procesos, Concepto/ Definición/ Necesidades, Gerencia de Proveedores, Logística y Administración de Inventario, Planificación y Gestión, Contratación, Desarrollo Infraestructura, Coordinación de Infraestructura, Coordinación de Ingeniería de Costos, Coordinación Ingeniería y Coordinación de mantenimiento.

3.2.2 Insumos necesarios para su funcionamiento:

- Necesidades de los clientes.
- Tendencias tecnológicas y nuevos productos.
- Información/experiencia operacional de bienes instalados y en inventario.
- Diseño y especificaciones.
- Información/Catalogación/Manuales/Ofertas de Proveedores de Bienes y Servicios.
- Información de pruebas de campo y laboratorio.
- Estimaciones de costo/informes técnicos-económicos.
- Manuales, mejores prácticas y normas técnicas.
- Lineamientos corporativos.
- Leyes, reglamentos, decretos.

3.2.3 Sub-Procesos:

- Coordinación de estandarización de materiales y equipos:
 - Emitir políticas/ lineamientos y evaluar/ homologar/ coordinar la implantación de procesos, mejores prácticas y sistemas a nivel corporativo.
 - Estructurar y coordinar las mesas técnicas de estandarización.
 - Analizar y consolidar solicitudes/ necesidades de estandarización y catalogación.
 - Promover y coordinar planes/ programas de estandarización.
 - Divulgación internas/ externa de materiales y equipos estandarizados.
 - Evaluar la gestión corporativa y emitir recomendaciones.
- Custodia y Administración del Registro Maestro de Materiales.

3.2.4 Productos/ Resultados:

- Manual de Estandarización de Materiales y Equipos.
- Registro Maestro de Materiales.
- Disminución de renglones en el Registro Maestro de Materiales.
- Disminución de Inventarios.
- Recomendaciones para gerencia de proveedores.
- Política, procesos, práctica e indicadores de gestión homologados.
- Informes de gestión y recomendaciones de mejora.

3.2.5 Clientes del Proceso:

- PDVSA: Centro Corporativo, Unidades Operacionales/ Filiales.
- Contratistas, consultores y proveedores.
- Sector petrolero ampliado.
- Entes gubernamentales/ no gubernamentales (cámaras, gremios).
- Procesos de Gerencia de Proveedores, Planificación y Gestión, Contratación, Logística y Administración Inventario, Visual/ Concepto/ Definición Necesidades, Desarrollo Infraestructura, Optimización Infraestructura, Coordinación Ingeniería y Coordinación Mantenimiento.

CAPITULO IV
SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO
DE ESTANDARIZACIÓN DE PDVSA

4 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN EN PDVSA

Como mencionamos la estandarización en la industria petrolera nacional fue una actividad que se aplicaba desde los años 30 por las grandes trasnacionales que operaban en el país, ello favorecía el intercambio que a nivel internacional imperaba entre las operadoras que en distintos países tenían presencia. Ahora bien con el advenimiento de la reversión y la merma de actividades, se impuso un retroceso en la aplicación de nuevas inversiones y tecnologías. La nacionalización en 1975 adelantó la entrega de las operaciones al país y la actividad de estandarización se encontró en un momento de congelamiento y retroceso, pues esta se llevaba de una forma centralizada en las operadoras trasnacionales y no se contaba para ese momento de organizaciones adecuadamente estructuradas de las filiales que operaban en el país. Esto conlleva a que cada operadora tuviera sus propios criterios de estandarización e independientes unas de otras.

A partir del año de 1986 se comienza a nivel corporativo una iniciativa hacia el ordenamiento de la normalización, específicamente en las áreas de ingeniería y proyectos, especificaciones de materiales y especificaciones de inspección, agrupándose en distintos equipos de trabajo coordinados corporativamente. Esta iniciativa se mantiene hasta los momentos actuales, los cambios han sido menores y básicamente la diferencia ha estado en la filiales responsables por coordinar esta actividad.

El desarrollo de la normalización, aún cuando centralizada, no ha tenido la organización necesaria para que exista la suficiente coherencia entre de ingeniería y materiales. Esta situación la reflejamos en el siguiente (ver figura 4).

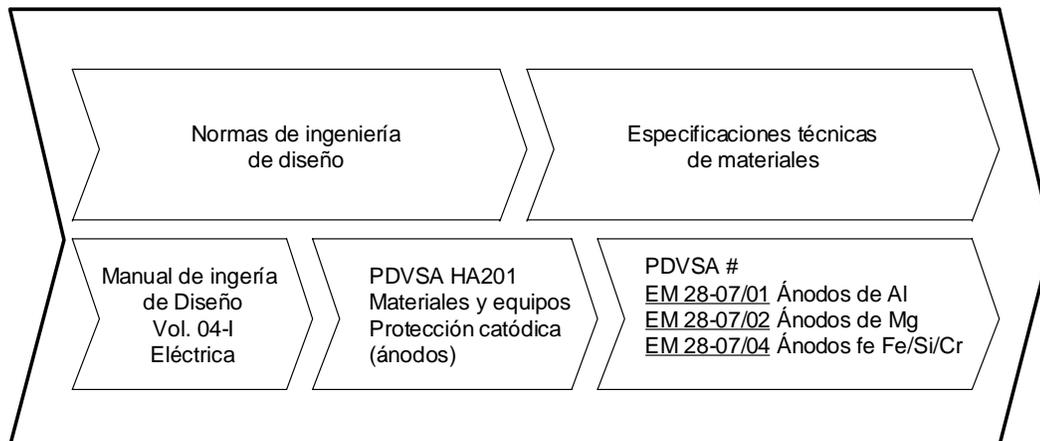


Figura 4 – Subproceso de Normalización de Ingeniería

Fuente: PDVSA

A nivel de la normalización, para el desarrollo de normas de ingeniería para el diseño se tiene que el VOL 04-1 corresponde al área eléctrica, esta norma contiene los criterios a seguir para el desarrollo y diseño que en el campo de electricidad requieren los proyectos de ingeniería. Continuando con el análisis y a una escala mas específica, en cuanto a de protección catódica, se tienen los elementos necesarios a considerar para el diseño de esto sistemas de protección contra la corrosión. Se observa en esta que la parte de materiales y equipos se especifican de una forma general los requerimientos para rectificadores, ánodos de protección, accesorios, etc. En el caso específico de los ánodos para la protección catódica nos encontramos con la siguiente clasificación:

- Ánodos galvánicos de Magnesio y de Zinc(Zn) de alta pureza.
- Ánodos pasivos de Grafito Hierro/Silicio/Cromo, Hierro fundido, Lead Silver y Hierro Silicio.

Para el caso que ilustramos en la figura 4, se hallan las siguientes Especificaciones Técnicas de Materiales:

-
- EM-28-07/01 Ánodos de Aluminio para Protección Catódica.
 - EM-28-07/02 Ánodos de Magnesio para Protección Catódica.

Observamos que no se tienen especificaciones de materiales para todos los tipos de ánodos requeridos en la norma de ingeniería y que en el caso específico de la EM-28-07/02 (ánodos de magnesio para protección catódica) ésta no está contemplada en la norma de Ingeniería.

Podemos concluir, para este caso, que no necesariamente se deben desarrollar todas las especificaciones de materiales para todas los materiales y equipos que se refieren en las normas de diseño, pues existen distintas opciones para llegar a la especificación necesaria, como por ejemplo la adopción de una norma existente y de uso público. Pero en aquellos casos que por condiciones particulares debe desarrollarse una norma, es necesario e imprescindible que esta este contemplada aguas arriba del proceso, es decir en las normas de diseño, situación que no sucede con la especificación que anteriormente se encuentra señalada. Este caso específico ilustra una situación que amerita ser estudiada y corregida, además constituye un ejemplo para que al resto de la normas se les realice un análisis técnico a fin de determinar su compatibilidad dentro del subproceso de normalización.

La normativa de ingeniería de diseño exige del desarrollo, adopción, etc de un mundo considerable de especificaciones de materiales y equipos que hacen de esta una tarea de altas proporciones. Por lo tanto se debe buscar el camino mas simple para asegurar el logro de este trabajo y garantizar que se cubre todo el espectro de necesidades planteadas en el diseño y que la misma sea lo mas racional posible.

Si observamos las normas desarrolladas en materiales y equipos, estas provienen en su mayoría de normas internacionales, las normas están traducidas totalmente al español, pues en ese momento durante su desarrollo, en los años 1980, PDVSA se planteó la colaboración con el proceso de normalización a nivel del país que coordina la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), lo que hace sumamente complejo y tedioso el desarrollo del proceso de normalización para la empresa en esta área. La complejidad del subproceso de normalización se debe a que por una parte se requiere de grandes recursos personales y tiempo para desarrollar un proceso idóneo entre el diseño y los materiales y equipos necesarios para la consecución de distintos proyectos. Por supuesto es de esperar, y así ocurre que actualmente no se cubre el espectro requerido, además se corre el riesgo de no estar actualizado con los cambios que internacionalmente se hacen a estas normas. En conclusión es necesario replantear los lineamientos, diseñar y establecer un esquema sencillo de elaboración de esta normativa.

Para el caso del subproceso de racionalización aún cuando existieron iniciativas en las ex-filiales de formalizar comités centralizados con el proceso de fusión de las filiales implantadas en el año 1997, no se continuó corporativamente con ese esquema organizacional parcialmente en funcionamiento. Sin embargo, existe un proceso activo que ha sido llevado localmente en el área de operaciones de producción occidente, con criterios locales y no corporativos.

Este esquema aún cuando no tiene una línea corporativa, contiene una estructura similar a la llevada por las ex-filiales Lagoven y Maraven. Este esquema tiene las siguientes características:

- Comités centralizados localmente.
- Abarca las distintas áreas de especialización de la ingeniería.

-
- Compuesto por equipos de trabajo multidisciplinarios, especialista de ingeniería, personal de procura y operaciones.
 - Criterios locales.

El producto principal de estos comités de estandarización se denomina Lista de Marcas Estandarizadas de Materiales y Equipos. Esta se implanta a través de un memorando dirigido al gerente Divisional de Procura y emanado por el Gerente de Ingeniería de Instalaciones. En la lista se identifica el tipo de material por categoría y el fabricante aprobado, en algunos casos se establecen algunos requisitos técnicos particulares. Es importante destacar que no se hace referencia a la norma PDVSA que aplica así como tampoco al código PDVSA del material, esto se menciona en aras de plantear constructivamente la continuidad que requiere todo proceso de estandarización tal y como se plantea en el presente trabajo.

Para finales del año 2002 se tenía aprobada una organización con un proceso de estandarización y se había iniciado su fase de arranque en su implantación. Esta básicamente consistía en la cadena de valor, y el modelo de proceso. La cadena de valor es la siguiente:

Para el modelo del proceso se establecieron e identificaron a proveedores del proceso de insumos de los subprocesos productos/resultados y clientes.

- Proveedores del proceso
- Insumos necesarios
- Subprocesos (Normalización/Racionalización/Catalogación)
- Productos/Resultados
- Clientes del proceso

Inicialmente se comienza con una mínima organización. El apoyo de los entes asesores especialistas de cada materia, así como expertos en procesos operacionales y en diseño de infraestructura y plantas operacionales. Esta organización debería estructurar un plan de implantación y arranque para la nueva organización, así como desarrollar el detalle de cómo llevar este reto. Para ello se debería considerar los esfuerzos que en estandarización se ha planteado la corporación hasta el momento, la identificación de las áreas de apoyo a la gestión y un plan particular a desarrollar.

4.1 Consideraciones Generales

Tenemos las siguientes consideraciones:

- El subproceso de normalización no tiene suficiente continuidad para las áreas en las cuales se trabaja actualmente.
- El subproceso no garantiza el alcance de todas las normas necesarias para su operación.
- No se garantiza la actualización de la normativa.
- No existe una organización con responsabilidades claras del proceso.
- El subproceso de estandarización está ausente a nivel corporativo.
- El esfuerzo que se adelanta actualmente a nivel local esta concentrado en producir Lista de Marcas Estandarizadas. Esto no constituye el único objetivo de un proceso de estandarización.
- No se tiene la consideración aguas arriba con la normalización y aguas abajo con la catalogación.
- Los resultados pueden ser aplicados solo a nivel local, que no tienen autoridad a nivel corporativo.

En cuanto al Subproceso de Catalogación en PDVSA, este tiene un carácter Corporativo. Desde el año 1997 los esfuerzos invertidos en este subproceso han dado

como resultado, un sistema estructurado con dirección corporativa y delegación en las áreas de operación, que contienen los datos básicos de los materiales comprados, producidos, almacenados y/o consumidos regularmente por la corporación. Con base a este esfuerzo se establecieron las siguientes premisas para implantar y llevar en forma permanente y continua el subproceso de catalogación.

Se crea un Registro Maestro de Materiales para cada artículo o material que la empresa maneja, aunque sea comprado o producido, bajo las siguientes premisas:

- La responsabilidad de la creación y mantenimiento de datos en el Registro Maestro de Materiales está a cargo de los administradores corporativos y los administradores locales de cada centro.
- Se distribuye la responsabilidad mantenimiento de datos en el Registro Maestro de Materiales en varios departamentos, cada dueño de datos es responsable de su actualización.
- Clasifica los materiales por tipo: suministros generales, químicos, tuberías, equipos y repuestos, comisariatos, materia prima, productos intermedios.

El registro maestro de materiales se maneja a través del SAP, en este sistema el material se:

- Identifica utilizando el número del material, el cual es un número secuencial asignado según el tipo de material (materia prima, insumo operacional, mantenimiento, operaciones y proyectos).
- Clasifica utilizando un sistema jerárquico de clase o sistema de clasificación.
- Ubica mediante el código de ubicación el cual es un número estructurado asociado a cada material en cada almacén.

El sistema SAP tiene como propiedad elaborar las estadísticas mediante el sistema de clasificación por:

- Tipo de material.
- Grupo de artículo.

Para el Proceso del Maestro de Materiales (ver figura 5), el primer dato que se asigna para crear un material es el tipo de material, a través de este dato el sistema SAP infiere ciertas características del uso que va a tener el material en la corporación, por ejemplo, si es una materia prima, esta se va a comprar y no se vende, si es un producto terminado, este se vende y no se compra.

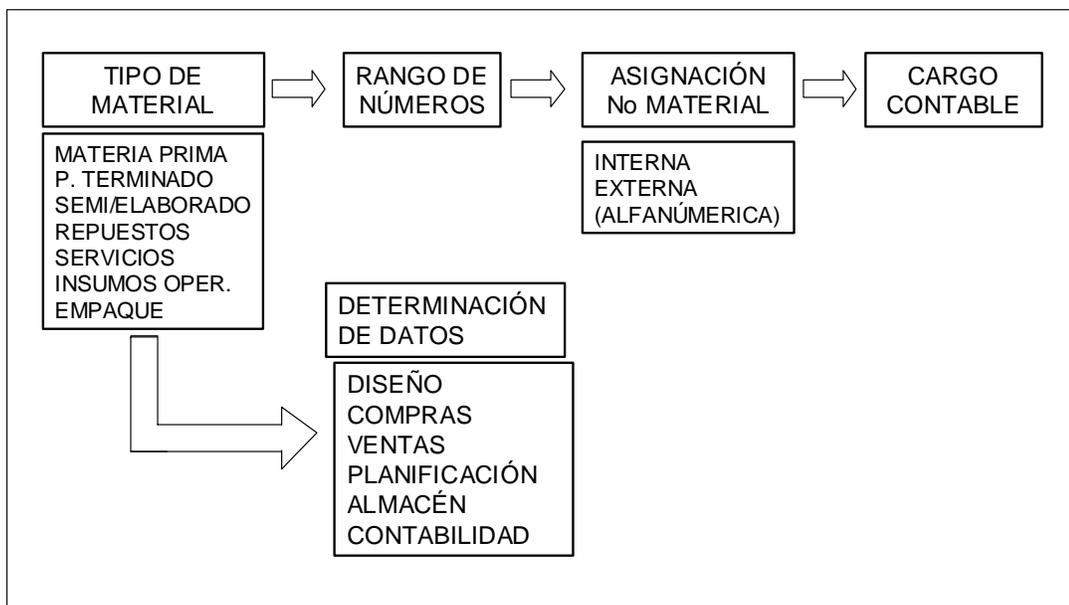


Figura 5 – Proceso del Maestro de Materiales

Fuente: PDVSA

De acuerdo al tipo de material se determinan los datos de compras, ventas, planificación, etc., que necesita el sistema SAP para su administración.

El número del material que lo identifica es asignado a partir de un rango de números que depende del tipo de material.

El tipo de material identifica los materiales de acuerdo a su utilización o uso en la corporación. Este permite controlar y conectar todas las facilidades del SAP relacionadas con la planificación de materiales, ya sea en el módulo de producción, mantenimiento, finanzas o materiales.

Es importante destacar que el Registro Maestro de Materiales (RMM) comprende todo el espectro de Tipos de Materiales utilizados en la industria, indicados bajo la siguiente nomenclatura:

1. Tubu/Repu/Sumi/Quim (ERSA): Estos tipos de materiales corresponden a materiales de recambio y reposición de existencia y es de procura externa como por ejemplo: suministros generales, repuestos, tubulares, etc.
2. Comi: Corresponde a los procesos de comisariato. Es característico de mercadería de procura externa para ser vendido posteriormente (comisariato y productos para reventa), por ejemplo:
Tuberías/Repuesto/Suministros Genereales/Químicos.
3. UNBW: Es un tipo de material estándar que corresponde a materiales cuyo comportamiento será permanentemente como no valorado, se maneja solo en cantidades y se tiene en existencia solo para control, por ejemplo, material para talleres de reparación, farmacia (inventarios particulares, etc).
4. ROH: Corresponde a material que es propio de materia prima para ser transformado en otros productos, es procurado externamente y no puede ser vendido, por ejemplo, Sal.
5. HIBE: Corresponde a insumos operacionales de procura externa que son requeridos para la manufactura de otros productos y no pueden ser vendidos, por ejemplo ácido fluorhídrico, catalizadores, sacos.

-
6. FERT: Corresponde a productos terminados que no se procuran externamente.
 7. HALB: Productos semiterminados que son procurados externa o internamente. Es propio de productos terminados que pueden ser procurados externamente, como por ejemplo aceites, NH₃, etc.
 8. VERP: Corresponden a materiales de empaque que son utilizados para transportar productos y son vendidos sin cargo al cliente, ejemplo carretes, paletas, cajas, cilindros.
 9. NLAG: Pertenece a material que no es almacenable, se consume de inmediato y se carga a las cuentas operacionales de quien lo solicita.
 10. DIEN: Corresponde a servicios para la venta. No es un material almacenable y es propio del modulo de ventas con el cual interactúa para las operaciones de ventas a terceros.

La creación de un material en el Registro Maestro de Materiales tiene a su vez las siguientes premisas:

- El material se crea a nivel corporativo con las vistas de datos básicos, texto de compras y clasificación. Para la creación de estas vistas o grupos de datos, no se requiere especificar el centro.
- Las vistas corporativas, en el sistema SAP son compartidas por todos los centros, es decir, la modificación de cualquier dato de estas vistas se refleja o afecta a todos los centros (ver figura 6).
- Extender un material significa crear nuevas vistas que solo serán válidas para el centro especificado durante la creación.

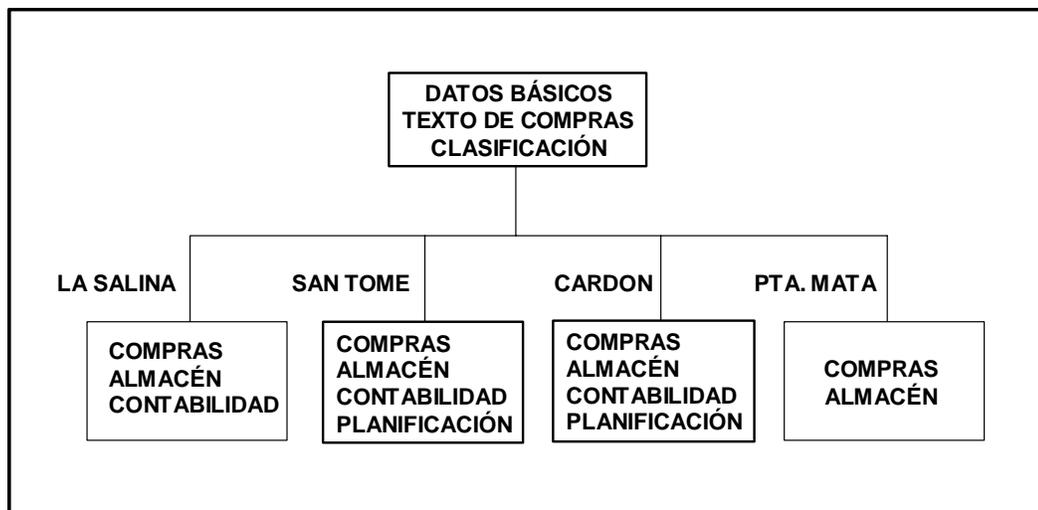


Figura 6 – Vistas Corporativas de la Organización (PDVSA)

Fuente: PDVSA

El sistema de clasificación del RMM: es el conjunto de las clases, características y valores que permite ubicar y agrupar sistemáticamente objetos (materiales, proveedores, clientes, equipos, documentos, etc.) de acuerdo a un conjunto de criterios que se establezcan.

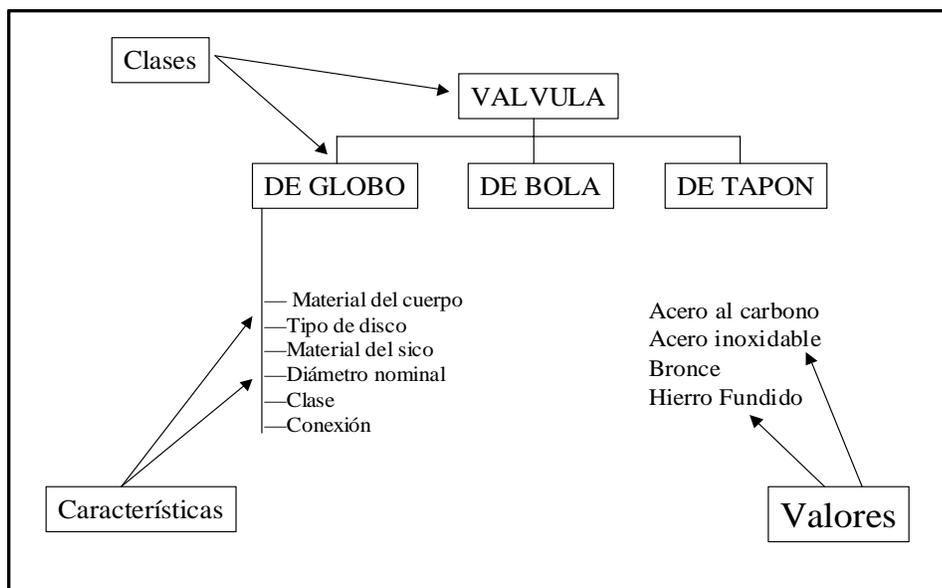


Figura 7 –Árbol de Clasificación del Registro Maestro Material

Fuente: PDVSA

Al sistema de clasificación también se le denomina árbol de clasificación, tal y como se muestra en la figura 7, porque generalmente cuando se diseña la clasificación de un conjunto de materiales se generan diferentes clases o ramas unidas a una clase principal o punta del árbol.

Este sistema se centra en la clasificación de los materiales que regularmente se utilizan en la corporación PDVSA. Cuando se habla de un universo de materiales de 350000 renglones, la clasificación se mide en términos de optimización de tiempos de ubicación de materiales.

A continuación se explicaran el conjunto de clases, características, valores y jerarquías que conforman el sistema de clasificación del RMM:

La clase: es la agrupación según la naturaleza y atributos de los materiales, que permite asociarlos de forma lógica y consistente, facilitando su búsqueda.

Ejemplos: válvulas, tuberías, bombas. El proceso de crear la clase lo realiza el administrador corporativo del maestro de materiales, quien se encarga de elaborar la plantilla de clasificación o el conjunto de la clase con sus características y valores, a partir de un análisis de la información que está en la solicitud de creación de la plantilla. Esta solicitud debe ser previamente aprobada por el comité de estandarización local o el corporativo.

En el Registro Maestro de Materiales, la clase se identifica con un código alfanumérico que empieza por la letra M y tres a cinco números, ejemplo: M008 es la clase Tubería de Perforación. Este código es importante para el administrador corporativo cuando necesita modificar la clase. Sin embargo para la consulta de un material con el nombre de la clase es suficiente.

Las características: son atributos que permiten describir los objetos pertenecientes a una clase. Ejemplo: diámetro, norma, concentración. La creación de las características es responsabilidad del administrador corporativo. El definir cuales son las características que mejor describan al material es quizás más laborioso que definir la clase. La razón es porque tiene que tomar en cuenta el universo de materiales que convergen hacia esa clase y a veces las características no sirven para describirlos a todos. La característica al igual que la clase se identifica por un código formado por las letras CM, un guión y tres a cinco números, los cuales son iguales a los de la clase, ejemplo: CM_MATE0001 es el código de la característica del material. Para el usuario, el nombre de la característica es lo más importante en el momento de ubicar un material a través de la clase.

Los valores: dominio de los atributos o diferentes instancias de las características. Ejemplos: 2in, 80%, 40m. La creación de los valores tiene que ser de forma estandarizada para evitar la duplicidad de materiales en el catálogo corporativo, por tal motivo este proceso de creación es exclusivo del administrador

corporativo. La estandarización de valores se refiere a la colocación de la misma forma de todos los valores de una característica determinada, ejemplo: ½ IN, 2 IN, 3 IN, para la característica diámetro, es decir se coloca el número, espacio y la unidad de medida como IN y no como (“).

La jerarquía: conjunto de clases ordenadas en diferentes niveles según la variedad y tipos de los materiales. Ejemplos: válvulas, control, alivio, mecánica. En la jerarquía de clases se habla de clases principales o clases superiores y clases inferiores. Ejemplo en el caso de las válvulas, se observa como clase principal la clase VALVULA y como clases inferiores la clase DE COMPUERTA, DE RETENCION, DE GLOBO, etc.

CAPITULO V
PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN
DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN
EN PDVSA

5 PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN EN PDVSA

Si conjugamos todos los aspectos explicados anteriormente, para cada uno de los subprocesos: Normalización, Racionalización y Catalogación, con la Cadena de Valor y Modelo del Proceso versus la situación actual que observamos en la corporación PDVSA, podemos establecer una propuesta y recomendaciones para la implantación y arranque del proceso de estandarización. Adicionalmente y resultado de las investigaciones en la elaboración de este trabajo, podemos incluir algunos aspectos que han sido fundamentales y exitosos en empresas que tienen experiencia y madurez en el Proceso de Estandarización.

A fin de mantener un orden lógico en los aspectos contemplados en la propuesta hemos seguido el siguiente orden para la misma:

- 5.1 Esquema de implantación.
- 5.2 Responsabilidades.
- 5.3 Organización de referencia.
- 5.4 Propuesta de funcionamiento.
- 5.5 Matriz de estandarización.
- 5.6 Clasificación de materiales de uso petrolero.
- 5.7 Plan de trabajo propuesto.

A continuación se explican cada uno de los aspectos mencionados:

5.1 Esquema de Implantación

La implantación del proceso de estandarización debe seguir obligatoriamente la Cadena de Valor definida, y debe considerar la realidad o situación que presenta la empresa ante este proceso. Por ello es fundamental considerar paralelamente la

implantación del proceso para acciones nuevas de estandarización y acciones de estandarización a incluir en una industria que está en operación.

Como acciones nuevas entenderemos la estandarización de los procesos operacionales, estas conllevan una vez definida su necesidad a la elaboración de nuevos proyectos, sobre todos aquellos proyectos mayores cuya inversión cuantitativamente es de alto significado. Consideramos esta idea de primordial importancia puesto que para llevar un óptimo proceso de estandarización debemos vigilar que todo lo nuevo no nos genera un uso irracional de tecnologías, ingenierías, etc. Por tanto la estandarización debe iniciarse desde el principio.

Las acciones a incluir dentro de las operaciones actuales al proceso de estandarización se refieren mas al día a día, el conocer exactamente lo que tenemos, que podemos estandarizar y que debemos eliminar.

En la propuesta según figura 8 (Esquema de implantación del proceso de estandarización), observaremos como manteniendo la cadena de valor del proceso de estandarización podemos lograr su implantación en PDVSA.

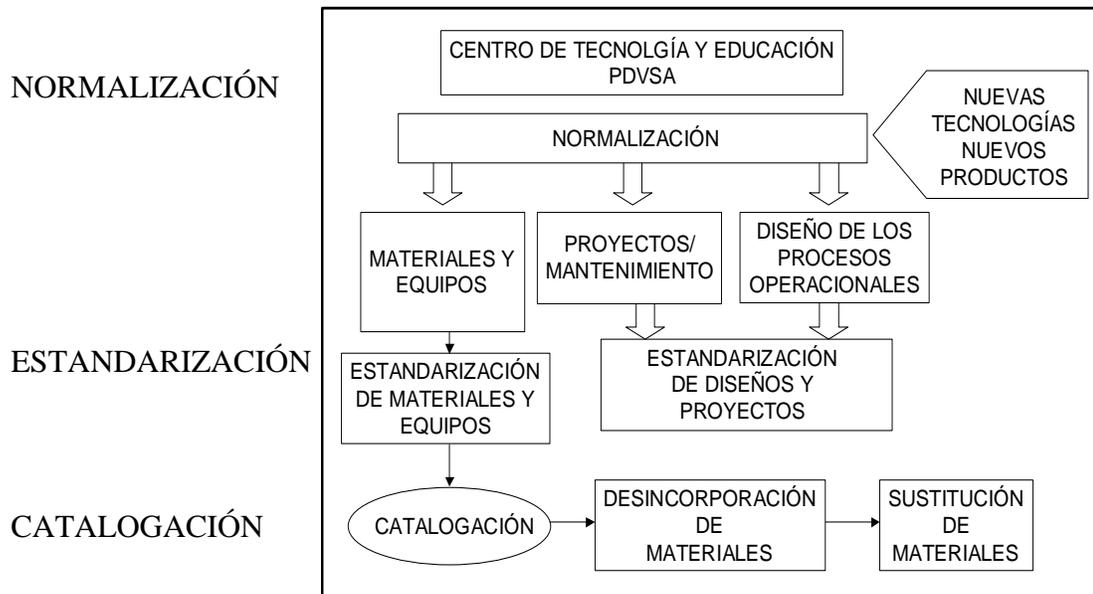


Figura 8 – Esquema de Implantación del Proceso de Estandarización

Fuente: Elaboración propia

En esta propuesta se consideran aspectos fundamentales de la actual organización. Tenemos el soporte que el centro de Tecnología y Educación de PDVSA deben dar al subproceso de normalización, conjuntamente con las funciones expertas en cada especialidad como son: procesos mecánicos, químicos, eléctricos, etc. Por otra parte la participación de las funciones operativas es esencial así como las funciones administrativas claves del proceso. Se considera muy conveniente la participación de proveedores de servicios, materiales y equipos.

El impacto que se logra con el subproceso de normalización afecta tanto a los diseños de los procesos operacionales, a proyectos a mantenimiento y a materiales y equipos. Una vez cumplida esta etapa, estaremos en condiciones ventajosas para analizar las variedades que la normalización nos genera, específicamente en cuanto a la racionalización de tecnologías, diseños y proyectos, y materiales y equipos.

Finalmente con el subproceso de catalogación, de materiales y equipos, tenemos que el proceso de las fases anteriores deberán ser registrados a través de un sistema claro de codificación y descripción, como el actualmente empleado en PDVSA.

La retroalimentación al sistema es necesaria para lograr el dinamismo requerido en el proceso y obtener la mejora continua del mismo. Por otra parte éste sistema debe ser lo suficientemente flexible para el análisis e incorporación de nuevas tecnologías beneficiosas para la corporación.

5.2 Responsabilidades

En vista de las características de la organización de PDVSA el proceso de estandarización dependerá de la interacción entre distintas funciones. Existirán por tanto, organizaciones con un rol de responsabilidades directas sobre cada una de las actividades que se han definido para la fase de arranque y otras organizaciones tendrán un rol de apoyo. Desarrollando este aspecto sobre la cadena de valor tenemos:

5.2.1 Detección de Necesidades:

Se han definido los organismos responsables directas y las organizaciones de apoyo, para cubrir las siguientes actividades:

- Captación y registro de necesidades.
- Análisis y clasificación de necesidades.
- Procesamiento.

Esta fase constituye la base y fundamentalmente está definida en la planificación global del proceso partiendo de la definición de unas necesidades alineadas con el plan de negocios de PDVSA (plan a cinco años). Se considera esta fase como aguas arriba del proceso y deberá estructurarse con suficiente antelación a nivel de nuevos negocios, para asegurar su eficiente inclusión al proceso de estandarización.

La responsabilidad ha sido asignada a la organización que será responsable globalmente del proceso de estandarización, con el apoyo de unidades de planificación corporativa, usuarios y el comité de tecnología y de educación.

5.2.2 Subproceso de Normalización

Responsabilidad básicamente llevada por las Organizaciones de Ingeniería y Organizaciones Técnicas, con el apoyo de la Organización de Estandarización, Organizaciones Especialistas y Administrativas. Entre sus actividades se han identificado las siguientes:

- Homologar, seleccionar, evaluar emitir y coordinar la implantación operativa de lineamientos, procesos, prácticos y sistema corporativos de normalización técnica.
- Analizar, consolidar y jerarquizar solicitudes de normalización.
- Promover y coordinar planes/ programas de normalización técnica.
- Estructurar y coordinar mesas técnicas o mecanismos de normalización.
- Desarrollar las normas técnicas.

5.2.3 Subproceso de Racionalización

- Analizar y consolidar las solicitudes de racionalización de materiales y equipos.
- Elaborar, coordinar e implantar planes y programas de racionalización.
- Estructurar y coordinar mesas técnicas o mecanismos de racionalización.
- Elaborar/ revisar y aprobar listas de materiales y equipos estandarizados.

5.2.4 Sub-proceso de Catalogación

- Analizar y consolidar las solicitudes de catalogación de materiales y equipos.
- Establecer sistemas de clasificación.
- Crear y actualizar códigos en el registro.
- Mantener y optimizar las descripciones en el registro.

5.3 Organización de Referencia

La organización de arranque debe ser diseñada en función de las características organizacionales de la empresa, sus recursos, tipos de actividad a cubrir, necesidades, etc. En todo caso deberá ser capaz de cubrir todas las fases de la Cadena de Valor tanto para las acciones nuevas de estandarización y como para las acciones a incluir dentro de la operación actual.

Para las acciones nuevas se propone una organización interna de planificación la cual deberá interactuar con las unidades externas de planificación y lograr así la visión global del negocio y la integración del proceso de estandarización al mismo.

Paralelamente deben formarse unidades operativas del proceso de estandarización que interactúen con cada unidad de negocio de la empresa, ejemplo: exploración, y producción, refinación y suministros, las filiales de servicio y apoyo. La metodología de aplicación del proceso deberá ser homogéneo. Deberá contar con el apoyo de las funciones especialistas en las materias seleccionadas y necesarias de estandarizar, dígase proceso, ingeniería, proyectos, mantenimiento, etc, por unidades de negocio.

El funcionamiento central de esta organización deber ser a través de comités de estandarización (corporativos y locales) lo que redundará en la simplicidad de su estructura, mínimos recursos y gran eficiencia operativa. Los comités locales son equipos multidisciplinarios que deberán ser estructurados en función de sus características y del perfil de los especialistas que apoyaran el proceso particular de la actividad a estandarizar. Para la fase de arranque es importante concentrarse en los materiales y equipos clasificados según la operación PDVSA. Además deberá contar con una organización operativa a nivel del proceso de estandarización. A título ilustrativo el siguiente esquema de organización (ver figura 9) podría ser considerado:

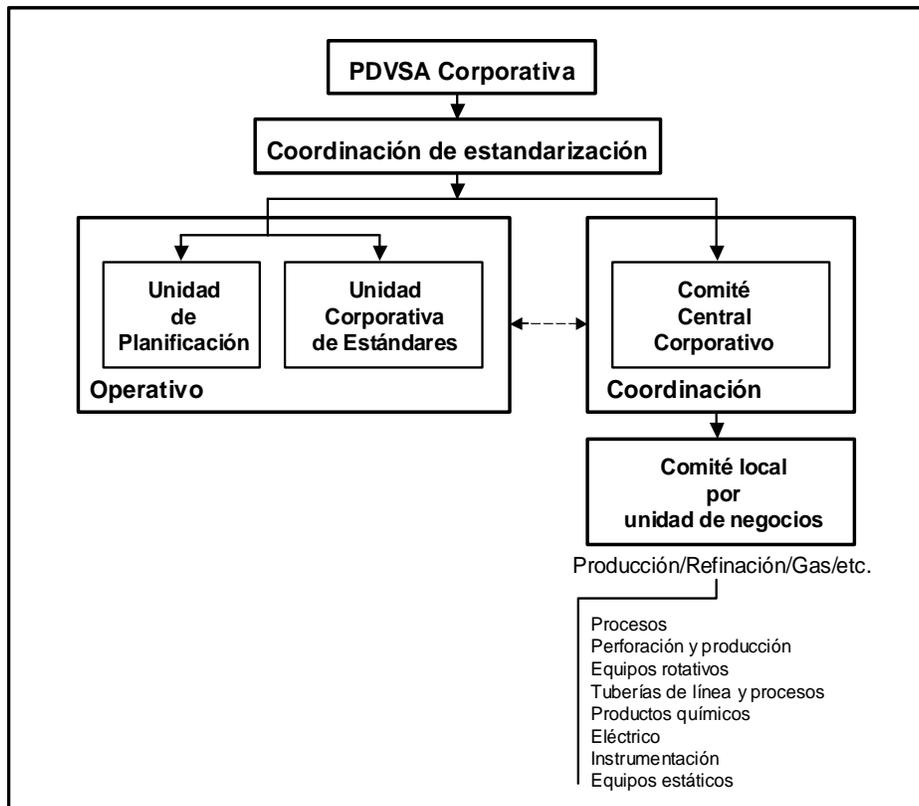


Figura 9 - Esquema Organizacional Propuesto
Fuente: Elaboración propia

5.4 Propuesta de funcionamiento

En el diagrama ilustrado en la figura 10, podemos observar el Funcionamiento/Operación del Proceso de Estandarización. Este proceso se inicia desde la operación de los usuarios, cuando requieren algún material, estos materiales obligatoriamente deberán estar codificados, exigencia del Sistema de Administración y Adquisición de Materiales y Equipos. En el caso que un material o equipo no tenga un código asignado, el usuario al requerir este material activa inmediatamente el proceso de estandarización, esta acción es recibida en todas las áreas operativas a nivel de los administradores locales.

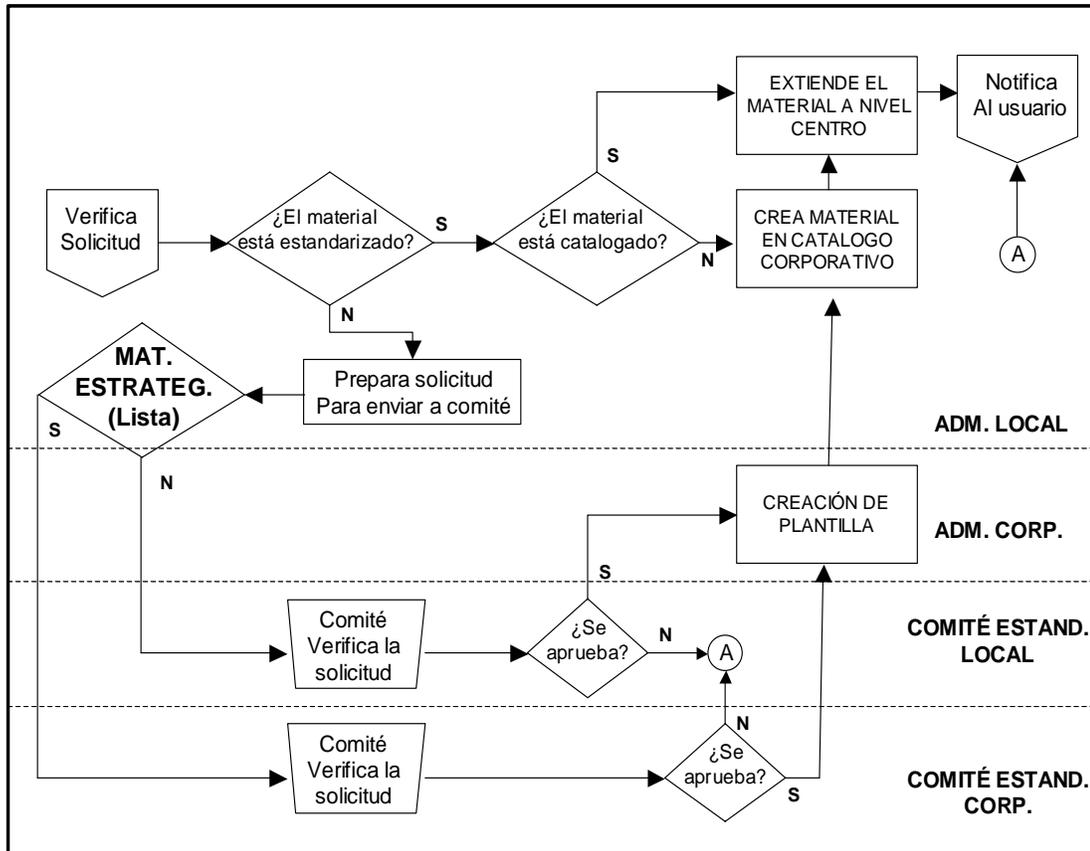


Figura 10 – Operación del Proceso de Estandarización

Fuente: Elaboración propia.

El usuario deberá preparar una propuesta al administrador de estandarización explicando las bases que fundamentan su solicitud, entre otros aspectos debe abarcar los siguientes aspectos:

- Propósito para el cual el material es requerido.
- Alternativa del material existente o estandarizado al requerido y razones por los cuales no sirve para el propósito señalado.
- Consideraciones técnicas.

-
- Consumo anual estimado.
 - Deberá basarse al menos en los siguientes aspectos:
 - Experiencia en la operación.
 - Experiencia en operaciones similares de otras empresas.
 - Pruebas a las que ha sometido el material o equipo.
 - Recomendación de los proveedores.
 - Condiciones locales particulares y diferencias con otras localidades donde la empresa tiene operaciones similares.

Internamente dentro de la organización local de estandarización se deberá cotejar el equipo y sus características con la de materiales estratégicos que la corporación ha definido previamente. En caso que no corresponda a un material estratégico el análisis deberá ser realizado por el comité local de estandarización quien aprueba o desaprueba la solicitud. Si el material es estratégico la solicitud debe ser remitida al Comité Corporativo de Estandarización, se recomienda que el Comité Local de Estandarización lo revise y lo envíe al Comité Corporativo de Estandarización con las recomendaciones particulares.

Una vez el material es aceptado como estándar, a este se le es asignado un código y elaborada una descripción para ser incorporado en el sistema.

5.5 Matriz de Estandarización

A continuación mencionamos algunos aspectos fundamentales que deben ser considerados cuando se analiza la posibilidad de estandarizar un material o equipo.

5.5.1 Material estratégico

Son aquellos materiales que presentan al menos las siguientes características:

- De alto impacto operacional.
- De uso frecuente.
- De alto impacto en los costos.
- De uso general.
- De marcas reconocidas por la corporación.
- La garantía operacional certificada por el fabricante.
- La calidad del servicio.

5.5.2 Criterios para seleccionar los materiales y equipos a ser estandarizados

- Productos normalizados.
- Uso frecuente.
- Tecnología actualizada.
- Marcas reconocidas por la corporación.
- Compatibilidad y uso del material a nivel operacional y corporativo.
- Calidad del servicio prestado por el fabricante/ distribuidor.

Factores a considerar en la estandarización de equipos:

- Consideraciones técnicas.
- Costo inicial.
- Costo de los repuestos.
- Intercambiabilidad de repuestos para distintos modelos.
- Confiabilidad del fabricante.
- Funcionamiento del equipo.

Es conveniente clasificar los equipos para facilitar el análisis y la opción de estandarizar los mismos, al menos considerando los siguientes aspectos:

- Equipos vitales.
- Equipos indispensables.
- Equipos auxiliares y de uso general.

Otra clasificación es en función de sus características de operación

- Equipos estáticos son equipos cuyas especificaciones técnicas son muy particulares, dependen de las características del servicio y sus partes no está sujetas a reposición o deben fabricarse a la medida
- Equipos dinámicos su selección depende de la marca y tipo de equipo, sus partes están sujetas a reposición y algunas de ellas pueden ser intercambiables con equipos de una misma marca.

En este caso es conveniente tomar en cuenta que a medida que aumente el número de marcas para equipos que se usaran en operaciones similares, disminuirá la intercambiabilidad de sus componentes y si por el contrario se limita el número de marcas la inversión en repuestos es menor y la eficacia operacional aumenta.

5.5.3 Fabricación Nacional

Es política de PDVSA considerar y dar preferencia a los fabricantes nacionales en sus procesos de compras de materiales y equipos, asegurando la calidad, el costo integral y los tiempos de entrega. Dentro de esta política han sido muchos los esfuerzos que la corporación ha invertido para que sea una realidad la participación de los sectores fabriles nacionales en los procesos de procura de materiales y equipos; dentro de los esfuerzos podemos mencionar el aporte que ha nivel de sistemas de la calidad se vienen aplicando desde el año 1978 con el objeto de

contar con fabricantes confiables en la calidad de sus productos, desarrollo de nuevos productos fabricados nacionalmente para proveer de materiales y equipos a las distintas operaciones de la industria, asesoramiento técnico especializado en el área de servicios, apoyo en el desarrollo de la ingeniería nacional.

Por tanto para el proceso de estandarización es fundamental considerar como factor base la participación nacional de fabricantes y distribuidores con capacidad técnica suficiente que aseguren la continuidad operacional. Entre los aspectos que consideramos beneficiosos para la industria y el país podemos mencionar los siguientes:

- Cumplimiento de políticas y leyes gubernamentales, dirigidas al desarrollo del sector fabricación nacional.
- Ahorro de divisas.
- Disminución de inventarios en poder de la industria petrolera al tener fuentes de suministros geográficamente cercana.
- Interacción entre la industria petrolera y el país para el desarrollo en la formación de los recursos humanos nacionales.
- Desarrollo de tecnología propia.

En resumen y concluyendo podemos considerar que para iniciar un proceso de estandarización sostenible en el tiempo, ordenado y que abarque la globalidad de las operaciones de la industria petrolera nacional, deben señalarse los tipos de procesos operativos, normas técnicas, condiciones de operación, tipo de material y equipos clasificación o selección de estos, etc, al menos en los siguientes elementos para asegurar la homogeneidad de criterios y que el producto final resultado de proceso de estandarización sea exitoso para la empresa:

- Clasificar los bienes en materiales y equipos vitales, equipos indispensables y equipos auxiliares o de uso general.

-
- Valor y costo de funcionamiento en alto y bajo
 - Consideraciones técnicas particulares del proceso.
 - Material o equipo estratégico.
 - Complejidad tecnológica del material o equipo y su obsolescencia.
 - Normativa que aplica e intercambiabilidad.
 - Confiabilidad del fabricante.
 - Fabricación nacional.
 - Monto de las compras anuales y nivel de inventario necesario para su operación.
 - Ahorros potenciales.
 - Adiestramiento requerido para su operación y mantenimiento.

5.6 Clasificación de Materiales de uso Petrolero

Los materiales y equipos en la industria petrolera pueden ser clasificados como a continuación se muestra en la tabla 3. Adicionalmente se señalan la áreas del negocio exploración y producción, refinación y suministro involucradas en esta clasificación, también el nivel o peso de influencia que tienen las unidades de negocio sobre cada familia o grupo de materiales. Un número mayor de asteriscos señala que esa unidad de negocios tiene mayor peso y su influencia sobre los materiales también es mayor, podríamos entonces utilizar como referencia este criterio para la identificación y nominación de los comités que liderizarán el proceso de estandarización:

<u>Materiales Clasificados</u>	<u>UNIDAD DE NEGOCIOS</u>	
	<u>Exploración y Producción</u>	<u>Refinación</u>
<u>Perforación y Producción</u>	**	
<u>Plantas y Maquinarias</u>		
Calderas	*	**
Motores, Turbinas a vapor y		
Compresores	**	*
Bombas, Reciprocantes, Centrífugas y Rotatorias	*	**
Equipos de elevación	*	
Equipos de Construcción	*	*
Plantas de Refinación		**
Plantas de empaclado		**
<u>Maquinaria Accesorios e instrumentos</u>		
Instrumentos de Procesos	*	**
Repuestos de Instrumentación	*	**
<u>Tanques y Equipos de Taller</u>		
Tanques y estructura	*	**
Equipos Mecánicos	*	*
Soldadura	*	**
<u>Equipos Eléctricos</u>		
Generadores y transformadores	**	**
Motores Eléctricos	**	**
Cables y accesorios	**	**
Lámparas, conexiones y accesorios	**	**
Tubería Conduit y conexiones	**	**
Equipos de Telecomunicaciones	**	**
<u>Tuberías Válvulas y Conexiones</u>		
Mangueras y Conexiones	*	**
Tuberías	**	*
Válvulas	**	**
Conexiones y bridas	**	**
<u>Material de Ferretería</u>	**	**
<u>Químicos y Pinturas</u>		
Pinturas	**	**
Químicos	*	*

Tabla 3- Clasificación de los materiales según las Unidades de Negocio

5.7 Plan de Trabajo

El plan de trabajo para la implantación del proceso de estandarización que a continuación mostramos, menciona los aspectos que deberán ser considerados para el inicio de la implantación del proceso de estandarización:

- Analizar, revisar y actualizar los procesos funcionales actuales.
- Seleccionar las áreas factibles para implantar la estandarización, iniciar esta fase por las acciones obvias y resultados tempranos.
- Establecer estructura de comités.
- Coordinar asignación de miembros de comités.
- Diseñar plan de adiestramiento para los miembros de los comités.
- Divulgar procedimientos.
- Iniciar proceso en áreas asignadas.
- Elaborar listas de materiales estratégicos.

Propuesta para los comités de estandarización:

- Comité corporativo.
- Comité y subcomités de manufactura y mercadeo.
- Comité y subcomités de exploración y producción.
- Comité y subcomités de INTEVEP.
- Otros comité y subcomités.

El funcionamiento de estos comités deberá tener una estructura acorde con el tipo de organización, el cargo que ocupan sus miembros, experiencia en el área técnica y en el área administrativa y acorde con el tipo de material a estandarizar. Deberá tener una estructura permanente con régimen de reuniones periódicas, donde entre otros aspectos prevalece que las decisiones tomadas deberán ser por consenso de sus miembros y de carácter obligatorio para la corporación.

CAPITULO VI
ANÁLISIS DE ESTANDARIZACIÓN
PARA EL ÁREA TUBERÍAS DE LÍNEA

6 ANÁLISIS DE ESTANDARIZACIÓN PARA EL AREA TUBERÍAS DE LÍNEA

6.1 General

Una vez explicada la Cadena de Valor y el Modelo del Proceso de Estandarización que se adecua a PDVSA, dedicaremos este capítulo a su aplicación en tubería de línea de uso petrolero.

El análisis se hace con base en la documentación, datos y registros de las organizaciones responsables por la normalización, la racionalización y la catalogación.

Los tubulares forman la categoría de materiales más grande en la industria petrolera, aproximadamente el 30% de la inversión en materiales de inventario son tuberías. En forma general tubulares es un término usado para identificar a cualquier cuerpo largo y hueco usado para conducir gases o líquidos. Los tubulares pueden ser fabricados de diferentes materiales.

Una clasificación más extensa se debe hacer para que los usuarios puedan determinar el tipo de tubular que requieren. Los tubulares pueden clasificarse como se muestra a continuación:

Tubulares ferrosos:

Tubería de hierro fundido

Tuberías de línea de acero al carbono para conducción de fluidos.

Tuberías de línea de acero al carbono para procesos.

Tuberías de línea de acero de media y de baja aleación para procesos.

Tuberías de línea de acero de alta aleación para procesos.

Tuberías de revestimiento para pozos petroleros

Tuberías de producción para pozos petroleros.

Tuberías para servicios generales.

Tuberías para calderas, supercalentadores e intercambiadores (incluyendo enfriadores y condensadores) en aceros al carbono y aleados.

Tuberías para hornos de acero al carbono y aleados para hornos.

Tuberías no ferrosos:

Tuberías para Intercambiadores de calor. (incluyendo enfriadores y condensadores).

Tuberías para servicios donde no exista intercambio de calor.

Tuberías no metálicas:

Distintas aplicaciones dependiendo de las condiciones de servicio, incluye tuberías de línea.

La clasificación general de las tuberías según sea su aplicación es la siguiente:

- Tubería para conducción de fluido y producción de pozos
- Tubería estructural
- Tubería para servicio eléctrico (Conduit)
- Tubería de servicios para pozos (tubería continua)

En la industria petrolera, las tuberías son clasificadas en:

- Tubería de línea (conducción) (Line Pipe).
- Tubería de revestimiento (casing).
- Tubería especial.

-
- Tubería de producción (tubing).
 - Tubería de procesos.

A continuación se explican las tuberías de línea y tuberías de proceso, de acuerdo al alcance de este trabajo:

Tubería de línea: Es también denominada tubería de conducción la cual se usa para conducir gas, agua y crudo en la industria de gas y de petróleo, se fabrica con la norma API (American Petroleum Institute) Y AWWA (American Water Works Association). También en nuestro caso se consideran las normas ASTM (American Society for Testing Materials) y ASTM A106B como tuberías de línea y de procesos.

Normas Aplicables para tuberías de línea son:

- API 5L-2000: especificación para tubería de línea.
- ASTM A53-2001: especificación para tubería de acero con o sin costura con recubrimiento negro o galvanizado.
- ASTM A106-1999: Especificación para tubería de acero al carbono sin costura para servicios de alta temperatura.
- AWWA C-200-1997: Especificación para tubería de acero, servicio para agua.

Tuberías para procesos y equipos: Es la tubería utilizada en los procesos industriales, refinería, plantas de tratamiento, petroquímicas y equipos. Esta tubería se encuentra en el mercado en diferentes materiales y configuraciones tales como: tubos U, aleados y lisos.

Las normas de referencia que comúnmente son aplicadas en la industria petrolera, son::

- ASTM A 178: Tubos para calentadores de acero al carbono manganeso con costura ERW
- ASTM A 179: Tubos de condensadores e intercambiadores de calor, trabajado en frío, sin costura.
- ASTM A 192: Tubos para calentadores de acero al carbono, sin costura para servicios de presiones altas.
- ASTM A 199: Tubos para condensadores e intercambiadores de calor acero aleado, trabajo en frío, sin costura.
- ASTM A 209: Tubos de supercalentadores y calentadores de acero aleado al carbón-molibdeno sin costura.
- ASTM A 312: Tubería de acero austenítico sin costura/ con costura.
- ASTM A 333: Tubería de acero sin costura/ con costura para baja temperatura.
- ASTM A 359: Tubería de acero aleado ferrítico y acero al carbono para servicio de alta temperatura.
- ASTM B 111: Tubos y ferrulos sin costura de cobre y aleación de cobre.

Las tuberías de línea para uso en la industria petrolera se basan en las normas API 5L-2000 (Specification for Line Pipe), el propósito de ésta especificación es suministrar normas de tuberías adecuadas para la conducción de gas, agua e hidrocarburos.

La norma API 5L-2000 cubre dos niveles de calidad denominados nivel de especificación del producto (PSL-Product Specification Level) donde se establecen los requisitos técnicos, estos son, PSL1 y PSL2 y su selección depende de lo complejo que sea el servicio. El PSL2 tiene requerimientos más exigentes que el

PSL1, como son: requisitos al carbono equivalente , resistencia a la tenacidad, resistencia a la fluencia máxima y mínima y resistencia a la tracción máxima y mínima.

Los tipos de tuberías bajo esta especificación dependen de las propiedades mecánicas y de los análisis químicos del material bajo lo que denominan grados, existen los siguiente tipos de Grados: A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X70 Y X80, en la industria petrolera nacional se ha descartado el uso de tubería de línea en los grados A25 y A.

Otros aspectos de interés de la norma API 5L-2000, relacionados con el proceso de estandarización y que deben ser considerados en el desarrollo de este ejercicio, particularmente en los subprocesos de normalización (requisitos técnicos) y racionalización (variedades teóricas generadas de la norma base) son:

6.2 Proceso de Fabricación:

La tuberías fabricadas bajo esta especificación pueden ser sin costura y con costura, dependiendo de los siguientes procesos:

Proceso sin soldadura (sin costura).

Proceso con soldadura (con costura):

- Proceso de Soldadura sin aporte de material:
 - Soldadura continua.
 - Doble soldadura por arco sumergido (DSAW).
 - Soldadura por resistencia eléctrica (ERW/EIW).
 - Soldadura por laser.
- Proceso de soldadura con aporte de material, con costura longitudinal:
 - Soldadura por arco sumergido (SAW).
 - Soldadura por arco de gas (GMAW).

-
- Doble soldadura por arco de gas (DGMAW).
 - Doble soldadura por la combinación de arco sumergido y arco de gas.
 - Proceso de soldadura con aporte de material, con costura helicoidal.

A continuación explicaremos brevemente los procesos de fabricación de tuberías sin costura, tuberías con costura ERW y tuberías con costura SAW/DSAW, que son usadas fundamentalmente por la industria petrolera.

Tubería sin Costura: Cada tocho calentado a temperatura de transformación es perforado por un martillo golpeando su centro. Esta fase se cumple sobre un molino de perforación, y su subproducto es denominado vaso o tubo perforado. Posteriormente es conducido sobre un mandril y laminado, insertándole en forma continua y progresiva una barra en el lugar donde anteriormente se perforo el hueco. A continuación, es calentado de nuevo a temperatura de transformación en un horno giratorio para pasar a un reductor de tamaño, fase de alargamiento, hasta obtener el diámetro externo deseado y el espesor de pared especificado. Luego del enfriamiento del tubo se ajustan sus medidas, se cortan los extremos, es enderezado y finalmente inspeccionado.

El laminado en frío de las tuberías se utiliza para los casos donde es necesario obtener tolerancias dimensionales más rigurosas.

Para asegurar una calidad consistente a lo largo de todo el proceso de fabricación se deben incluir pruebas e inspecciones, usando equipos avanzados de inspección en línea como son ultrasonido y de inspección magnética.

Las tuberías sin costura disponibles en el mercado suelen tener un diámetro de hasta de 16 pulgadas pero una o dos fabricas de tuberías puede producir diámetros mayores de hasta de 24 pulgadas, Por otra parte, el espesor de la pared es más grande que el de las tuberías con costura así como también mayor tolerancia en el espesor de las paredes y el peso. El peso de las tuberías sin costura es ligeramente mayor que el de las tuberías con costura.

A los tochos se les debe quitar la corteza superficial antes de ser laminados, este proceso se denomina escarpado. En las inspecciones se debe incluir la verificación de la laminación, las escaras y los defectos en la superficie, causados por las operaciones de perforación del tocho y las subsecuentes operaciones de laminado y de corte. Se debe prestar atención en el corte suficiente de la longitud de la tubería en los extremos, para así eliminar el lugar donde ocurren el mayor número de fallas y segregaciones.

Existen casos donde se realizan inspecciones no destructivas adicionales (electro-magnética, de ultrasonido o de partículas electromagnética) para detectar fallas que hallan escapado a la inspección estándar de la fábrica. Estas inspecciones adicionales deben ser consideradas en función de la confiabilidad que se tiene sobre los productos de cada fabricante.

Tubería con costura: La tubería con costura por Soldadura por Resistencia Eléctrica (ERW) es fabricada a partir de una lámina en forma de carrete (Bobina). Después de desenrollar la bobina, se le va dando forma redonda a la tira mientras ésta pasa por una serie de rodillos verticales y horizontales. La costura de las tuberías de pequeño diámetro se hace a través del método de alta frecuencia por inducción (EIW) y a las tuberías de diámetro medio, a través del método de alta frecuencia por resistencia (ERW). La tubería con costura es cortada en el largo especificado por una máquina cortadora, cada segmento resultante es pasado a través de equipos de

enderezado, prueba hidrostáticos, y de inspección no destructiva antes de convertirse en un producto final con el diámetro deseado.

El uso de tuberías con costuras soldadas por resistencia eléctrica tienen su aplicación en conducción de fluidos hasta 20 pulgadas de diámetro, con un espesor de pared de hasta 0,375 pulgadas y de grados de hasta X-80, aún cuando la mayoría de los molinos producen hasta 16 pulgadas.

Las tuberías con costura son relativamente más económicas y usualmente ofrecidas con tiempos de entrega más cortos. Existen varias fábricas de este tipo de tuberías en diferentes países, para el servicio a la industria petrolera nacional existe una en Venezuela.

Sin embargo, en las tuberías con costura soldada por resistencia eléctrica se ha presentado, más de una vez, fugas en la costura/soldadura a tope a pesar de la selección minuciosa del fabricante y de la buena inspección en la fábrica.

Por lo tanto, las tuberías con costura deben ser ordenadas con extremo cuidado cuando van a ser usadas en proyectos con tuberías para altas presiones en las áreas más sensibles. Por otra parte, también se debe estar atento con secciones cortas, pero importantes, como las usadas en el cruce de ríos, cruce de vías de tren y en áreas acuáticas como pantanos y costa fuera.

Las tuberías a ser usadas en dichas locaciones deben ser ordenadas a fabricantes experimentados de primera clase.

Se recomienda:

- a) Seleccionar a los fabricantes con base al sistema de calidad aprobado.
- b) Ordenar tuberías de acuerdo a las especificaciones de PDVSA.

-
- c) Acordar inspección a la producción de la orden en la fábrica a través de una compañía de inspección independiente.

Lo más importante es lo constante en la calidad de la soldadura. También es requerido una prueba hidrostática en planta, con una presión correspondiente al 95% del esfuerzo de fluencia y uno o más ciclos de presión, adicionalmente se realiza la prueba estándar de 24 horas una vez tendida en el campo.

El Control de la Calidad debería empezar desde la producción de los tochos y bobinas de acero. Sin embargo, las dificultades empiezan cuando sucio es atrapado en los bordes de las tiras, o cuando existen grandes concentraciones de segregaciones e inclusiones en el centro de la lámina que son pasadas por alto justo antes del proceso de soldado, o cuando el proceso de soldadura es controlado o ajustado de manera inapropiada.

Los bordes soldados debe ser tratados térmicamente justo después del proceso de soldado (540 °C min.), o la tubería debe ser procesada de tal manera que no quede ninguna martensita revenida.

Las tuberías ERW no deben ser expandidas. Debe usarse acero calmado y es preferible un porcentaje bajo de azufre. Nótese que en las especificaciones de PDVSA se requieren pruebas adicionales a los estándares de API como pruebas de doblez inversa, examen micrográfico y de dureza, chequeo de los bordes de la laminación y limpieza.

Tuberías con costura por soldadura de arco sumergido (SAW):

Tubería con Costura Longitudinal: Las tuberías con costura longitudinal por Arco Sumergido (SAW) son fabricada a partir de un plancha o lámina. Después de

ser sometida a una inspección de ultrasonido, cada plancha es cortada y biselada en los bordes de cada lado, para luego ser pasada por una prensa (prensa en U) donde obtiene la forma de U y posteriormente se le da la forma de círculo en otra prensa (prensa de anillo). Una vez cumplida esta fase la tubería en su presentación de bordes es soldada por el interior mediante el proceso de soldadura por arco sumergido y posteriormente bajo el mismo procedimiento es soldada por la superficie externa. Seguidamente se somete a una expansión mecánica que convierte la sección transversal de la tubería en un círculo exacto. Cada largo de la tubería debe ser probado hidrostáticamente y la soldadura inspeccionada con un equipo ultrasonido para soldaduras.

Este tipo de tubería es usado en diámetros mayores a 16 pulgadas. El espesor de la pared se limita a una pulgada. Por otra parte, la vieja idea de que una tubería soldada es de menor calidad que una sin soldadura ha desaparecido.

El uso de nuevos métodos de fabricación y el uso de inspecciones no destructivas, como el automático por ultrasonido para los defectos de tipo transversal y longitudinal, han mejorado el control de los procesos de soldadura y la inspección en las fábricas.

El enrollado de las planchas y láminas pueden alcanzar mejores niveles de tolerancia en comparación con las tuberías sin soldadura. Requiriéndose, menor cantidad de acero por metro para una tubería específica. Las tuberías con costura se ajustan a las inspecciones automáticas, antes mencionadas, de detección de defectos.

La continua búsqueda por mejorar las inspecciones no destructivas de la soldadura ha llevado al incremento de inspecciones automáticas con registros y al decrecimiento del uso de inspecciones radiológicas de observación a través de un

tubo fluorescente. Esta tendencia es reflejada por los requerimientos de inspección mostrados en las especificaciones de PDVSA.

Tuberías con costura helicoidal: Las tuberías con costura helicoidal por arco sumergido son fabricadas a partir de bobinas. Después que la bobina es desenrollada, esta es procesada en un cortador y luego desenrollada con un ángulo de tal manera que se forme una espiral. La costura en espiral soldada por arco sumergido automáticamente y en forma continua. La tubería es presentada y sus bordes son soldados desde su interior, luego en el exterior. La tubería con costura es cortada en el largo especificado con una máquina cortadora. Una inspección con rayos X y ultrasonido deberá garantizar la consistencia de la calidad de la soldadura.

Las tuberías con costura helicoidal están disponibles en cualquier diámetro a partir de 12,3/4 pulgadas en adelante, pero debido a las limitaciones de la máquinas de doblaje el ancho de la pared es limitado.

Los métodos de producción de tuberías con costura helicoidal han sido mejorados. El capital necesario para instalar y operar una planta de este tipo son menores y por ende los costos de producción también. Estas tuberías son ampliamente usadas para procesos de petróleo, gas y agua a presiones bajas, media y altas.

6.3 Análisis Químico:

La composición química del acero usado para la fabricación de tubería deberá estar conforme a lo establecido en la tabla 4 para el PSL1 y la tabla 5 para el PSL2. La composición de grados intermedios (mayores X42) deberán cumplir los requisitos químicos de grado estándar superior.

GRADO Y CLASE	CARBONO MAXIMO	MAGNESIO MAXIMO	FOSFORO		SULFURO MAXIMO
			MINIMO	MAXIMO	
CON COSTURA					
A25, Cl I	0,21	0,6		0,03	0,03
A25, Cl I	0,21	0,6	0,045	0,08	0,03
A	0,22	0,9		0,03	0,03
B	0,28	1,2		0,03	0,03
X42	0,28	1,3		0,03	0,03
X46,X52,X56	0,28	1,4		0,03	0,03
X60,X65	0,28	1,4		0,03	0,03
X70					
SIN COSTURA					
A25, Cl I	0,21	0,6		0,03	0,03
A25, Cl I	0,21	0,6	0,045	0,08	0,03
A	0,22	0,9		0,03	0,03
B	0,26	1,2		0,03	0,03
X42	0,26	1,3		0,03	0,03
X46,X52,X56	0,26	1,4		0,03	0,03
X60	0,26	1,4		0,03	0,03
X65	0,26	1,45		0,03	0,03
X70	0,26	1,65		0,03	0,03

Tabla 4 – Requerimientos Químico API 5L PSL1

GRADO Y CLASE	CARBONO MAXIMO	MAGNESIO MAXIMO	FOSFORO MAXIMO	SULFURO MAXIMO
CON COSTURA				
B	0,24	1,2	0,025	0,015
X42	0,24	1,3	0,025	0,015
46,X52,X56	0,24	1,4	0,025	0,015
X60,X65,X70,X80	0,24	1,4	0,025	0,015
SIN COSTURA				
B	0,22	1,2	0,025	0,015
X42	0,22	1,3	0,025	0,015
X46,X52,X56	0,22	1,4	0,025	0,015
X60	0,22	1,4	0,025	0,015
X65	0,22	1,45	0,025	0,015
X70	0,22	1,65	0,025	0,015
X80	0,22	1,85	0,025	0,015

Tabla 5 – Requerimientos Químico API 5L PSL2

El cálculo del carbono equivalente (CE) para tubería PSL2 deberá basarse en el análisis de los productos y deberá ser calculado como sigue:

- Cuando el contenido de carbono es menor o igual a 0.12%, el carbono equivalente debe ser calculado con la siguiente formula $Ce(pcm)$, ver nota:

$$CE(pcm) = C + \frac{Ci}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

- Cuando el contenido de carbono es mayor a 0.12%, el carbono equivalente debe ser calculado con la formula CE (IIw) ver nota 2:

$$CE(IIw) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

En los siguientes casos, el carbono equivalente no deberá exceder de:

- Para las tuberías de grado X-80, y para las tuberías en todos los grados y espesores de pared mayores de 0.8 pulg. (20.3mm), el carbono equivalente deberá ser acordado entre el comprador y el fabricante.
- Para las tuberías de grados no cubiertos en el punto anterior el carbono equivalente máximo deberá ser:

$$CE (Pcm) = 0.25 \%$$

$$CE (IIw) = 0.43 \%$$

Nota 1: El CE (Pcm), es la formula usada para aceros de bajo contenido de carbono.

Nota 2: El CE (IIw), es la formula usada por el Instituto de Soldadura Internacional (International Institute of Welding).

6.4 Propiedades Mecánicas

Las propiedades de tensión para los distintos grados de tuberías en función del PSL son los siguientes:

- Para un PSL1 en grados A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65 y

X70, los requisitos mecánicos de tensión deberán cumplir con los valores especificados en la Tabla 6.

GRADO	RESISTENCIA MINIMA A LA FLUENCIA		RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION	
	psi	MPa	psi	MPa
A25	25000	172	45000	310
A	30000	207	48000	331
B	35000	241	60000	414
X42	42000	290	60000	414
X46	46000	317	63000	434
X52	52000	359	66000	455
X56	56000	386	71000	490
X60	60000	414	75000	517
X65	65000	448	77000	531
X70	70000	483	82000	565

Tabla 6 – Propiedades Mecánicas API 5L PSL1

- Para un PSL2 en grados B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 y X80, los requisitos mecánicos de tensión deberán cumplir con los valores específicos en la tabla 7.

GRADO	RESISTENCIA MINIMA A LA FLUENCIA		RESISTENCIA MAXIMA A LA FLUENCIA		RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION		RESISTENCIA MAXIMA A LA TENSION	
	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa	psi	MPa
B	35000	241	65000	448	60000	414	110000	758
X42	42000	290	72000	496	60000	414	110000	758
X46	46000	317	76000	524	63000	434	110000	758
X52	52000	359	77000	531	66000	455	110000	758
X56	56000	386	79000	544	71000	490	110000	758
X60	60000	414	82000	565	75000	517	110000	758
X65	65000	448	87000	600	77000	531	110000	758
X70	70000	483	90000	621	82000	565	110000	758
X80	80000	552	100000	690	90000	621	120000	827

Tabla 7 – Propiedades Mecánicas API 5L PSL2

6.5 Pruebas de Presión Hidrostática

Los requisitos para la prueba hidrostática están establecidos en función del grado de la tubería, el tamaño y el porcentaje de la resistencia a la fluencia.

La formula utilizada es la ecuación siguiente:

$$P = \frac{2S * t}{D} \quad P = 2 S t / D \quad \text{Ecuación:}$$

U.S. Customary equation

$$P = \frac{2000S * t}{D} \quad \text{Ecuación del Sistema}$$

Internacional de Medidas SI

Donde

P = Presión hidrostática de prueba en psi (kPa)

S = Porcentaje del esfuerzo de fluencia del material
en psi (MPa), tal y como se muestra.

t = Espesor de pared en pulg. o mm.

D = Diámetro externo en pulg. o mm.

Los valores de la presión hidrostática se definen como prueba estándar y prueba alterna y dependen de los elementos señalados en la tabla 8. Por acuerdos entre el comprador y el fabricante pueden existir otros niveles de valores para las pruebas hidrostáticas.

		PORCENTAJE DEL ESFUERZO MINIMO A LA FLUENCIA ESPECIFICADA	
GRADO	TAMAÑO	PRUEBA DE PRESIÓN ESTÁNDAR (%)	PRUEBA DE PRESIÓN ALTERNA (%)
	(pulg)		
A25	5 9/16	60	-
A25	≥ 2 3/8	60	75
B	≥ 2 3/8	60	75
X42 AL X80	≤ 5 9/6	60	75
	> 5 9/16 - ≤ 8 5/8	75	75
	> 8 5/8 - < 20	85	85
	≥ 20	90	90

Tabla 8 – Valores de Pruebas hidrostáticas

6.6 Dimensiones, longitudes y acabados de los extremos.

6.6.1 Longitud:

Las tuberías vienen en largos determinados o juntas.

- Para tuberías de línea y de procesos:

(De rango simple-SRL) de aproximadamente 6 m. de largo

(De rango doble-DRL) de aproximadamente 12 m. de largo

Las unidades de medida usadas en las especificaciones es en pies (ft) o en metros (m.), y la unidad de medida usualmente usada en los inventarios es por junta.

- Las tuberías para elementos de plantas:

Se debe especificar en las órdenes de compra el largo del corte que se ajuste a las dimensiones del equipo. Para reducir el número de reglones estándares los usuarios pueden estandarizar el largo máximo y cortar en el sitio el largo deseado.

6.6.2 Extremos de las Tuberías

Las tuberías pueden ser suministradas según el acabado de sus extremos de la siguiente forma:

- Tuberías extremos a escuadra.
- Tuberías extremos biselados.
- Tuberías extremos roscados.

6.6.3 Diámetro y espesor de la pared de las tuberías

Las tuberías son piezas con medidas estandarizadas en su diámetro exterior y en su espesor de la pared, comúnmente designados por la ANSI B 36.10 como tamaños nominales de tuberías y Números Schedule.

Los tamaños nominales de tuberías de 1/8 de pulgadas a 12 pulgadas inclusive, están basados en un diámetro externo estandarizado.

Los tamaños nominales de tuberías de 14 pulgadas y superiores son iguales al diámetro externo en pies.

Por ejemplo: tuberías con un tamaño nominal de dos pulgadas tiene un diámetro externo de 2,375 pulgadas. Una de 4 pulgadas tiene un diámetro externo de 4,5 pulgadas, mientras que un tamaño nominal de tubería de 14 pulgadas tiene un diámetro externo de 14 pulgadas exacto.

La otra dimensión principal de las tuberías es el espesor de la pared. Con estas dimensiones se puede determinar o denominar la presión que una tubería puede soportar.

En American Society for Testing Materials (ASTM) se define a un tubo como un sección hueca, larga en relación a su sección transversal la cual es simétrica y redonda, cuadrada, hexagonal, octagonal, o elíptica, con extremos biselados o escuadras, poseen un espesor de pared uniforme.

Los tubos con la excepción del grupo de tuberías de revestimiento y de producción para pozos de petróleo, son especificados por dimensiones exactas de diámetros externos.

Por ejemplo: Un tubo para un intercambiador de calor requiere un diámetro externo de una pulgada (25,4 mm) la cual es la dimensión exacta del diámetro externo.

El espesor de la pared es usualmente especificado en la Descripción de los Códigos en milímetros y/o pulgadas.

6.6.4 Números Schedule de ANSI y Designaciones de API

Usualmente las especificaciones de una tubería especifican los números schedule de la tubería refiriéndose a una clase especificada de espesor de pared y estrictamente hablando estos son irrelevantes en la descripción de una orden de compra siempre y cuando se especifiquen las dimensiones de la tubería (tamaño nominal de la tubería, espesor de la pared y longitud).

Los números schedule de las tuberías fueron estrictamente adoptados como un sistema conveniente de designación para ser usado en los requerimientos y para que los ingenieros lo usen como un indicativo del tipo de tubería que deben usar para sus diferentes sistemas de tuberías. Adicionalmente, le permite al ingeniero establecer una relación directa entre las conexiones de las tuberías y las válvulas a ser usadas,

debido a que también los números schedule son normalmente usados para especificar ciertas conexiones y válvulas. Por ende, los números schedule están incluidos en las especificaciones del catalogo de los materiales de PDVSA.

Designaciones API:

Términos similares a los explicados anteriormente han sido utilizados por API. Las designaciones para el espesor de la pared de acuerdo a API son:

- Estándar (STD).
- Extra-fuerte (XS).
- Doble extra-fuerte (XXS)

La relación entre estos términos usados por la API y los números schedule ANSI puede observarse en el anexo 1, página XXX, y en términos generales la siguiente:

- Estándar (STD) y el Schedule 40 son idénticos para tamaños nominales de tuberías de hasta 10 pulgadas inclusive. Todos los tamaños superiores de tuberías con denominación estándar tienen un espesor de pared de 3/8 de pulgada.
- Extra- fuerte (XS) y el Schedule 80 son idénticos para tamaños nominales de hasta 8 pulgadas inclusive. Todos los tamaños mayores de tuberías con denominación extra-fuertes tienen un espesor de pared de 1/2 de pulgada.
- Doble Extra- fuerte (XXS) no tienen Schedule equivalente excepto para la tubería de tamaño nominal de 12 pulgadas de Schedule 120.

El estándar API 5L también incluye diferentes espesores de pared y tamaños que no poseen una designación API (STD, XS o XXS), ni un número schedule.

A pesar que las tuberías listadas pueden estar comercialmente disponibles, es obvio que las empresas no deberían seleccionar más renglones de los estrictamente necesarios para sus operaciones. La estandarización dentro de la empresa es una herramienta esencial para alcanzar un balance de las inversiones de los inventarios en el almacén.

Números Schedule de ANSI:

Se han desarrollado dos rangos de números schedule:

- Para tuberías con o sin costura de acero al carbono (ANSI B 36.10.) Se tienen los siguientes números schedule:

10; 20; 30; 40; 60; 80; 100; 120; 140 y 160

- Para las tuberías con o sin costura de acero inoxidable los números schedule (ANSI B 36.19), son los siguientes:

5S; 10S; 40S y 80S

Consecuentemente el rango completo de números schedule para tuberías con o sin costura de acero inoxidable forjado es:

5S; 10S; 10; 20; 30; 40S; 40; 60; 80S; 80; 100;120; 140; y 160.

En la práctica, este rango de números schedule puede ser aplicado a varias tuberías de materiales de diferentes composiciones.

6.6.5 Catalogación/Codificación de las Tuberías

Ya que algunos tamaños nominales bajo diferentes números schedule son idénticos y para evitar la duplicación en la selección y codificación es muy común en una orden el incrementar los tamaños nominales y los espesores de la pared para

establecer series de piezas codificadas y cubrir todo el rango de los números schedule.

Por ejemplo: Existe una pieza codificada con el tamaño nominal 8 pulgadas y con el número Schedule 80S bajo el código XXX. El espesor de la pared de esta pieza es 0,5 pulgadas, si ahora se tiene que incluir una tubería bajo esa serie con tamaño nominal 8 pulgadas y con el Número Schedule 80, no habrá que hacerse ninguna codificación adicional ya que la pieza tiene el mismo espesor de pared de 0,5 pulgadas como código XXX. Solo habrá que ajustar la descripción del material codificado como XXX, para leerse por el Número Schedule como 80/80S. De esta manera el método escogido para la codificación reduce las posibilidades de doble codificación.

Las identificaciones API mediante Números Schedule y Designaciones API son listadas en seis tablas separadas (ver anexo 5, página 145)

6.7 Cadena de Valor y Modelo del Proceso de Estandarización aplicado a Tubería de Línea

Tomando como base la Cadena de Valor y al Modelo del Proceso explicados en la Capítulo 3 de ese trabajo y aplicándola al Proceso de Estandarización de Tuberías de Línea, tenemos la Cadena de Valor y el Modelo del Proceso de Estandarización, según la siguiente figura (ver figura 11):

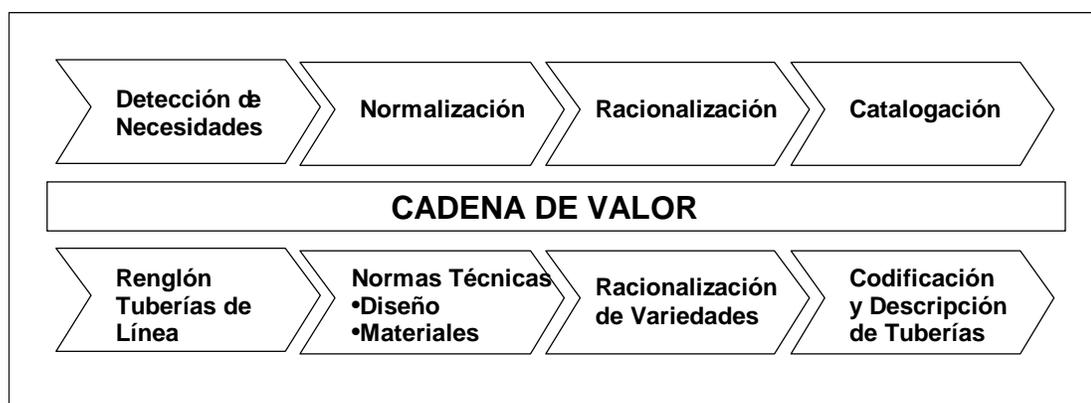


Figura 11 – Cadena de Valor y Modelo del Proceso según la perspectiva de Estandarización en PDVSA

Fuente: Elaboración propia.

A nivel de detección de necesidades hemos definido como parte del objetivo del presente trabajo, el analizar el grupo de materiales que corresponde a Tuberías de Línea. En consecuencia se seguirá el orden de los subprocesos Normalización/Racionalización/Catalogación tal y como aplica a la globalidad del proceso.

6.7.1 Análisis de Tuberías de Línea desde la perspectiva del subproceso de normalización:

Este análisis se hace tomando como base las normas del Manual de Ingeniería de Diseño de PDVSA y las Especificaciones Técnicas de Materiales (Material Technical Specification) en el orden señalado, ya que se consideran las Normas de Ingeniería de Diseño rectoras de todas las otras normas, como son las Especificaciones Técnicas de Materiales, éstas han sido desarrolladas en detalle y deben cumplir todos los requerimientos de las Normas de Ingeniería. En la Cadena de Valor para este subproceso deberán prevalecer los elementos en el orden señalado. A continuación mostramos gráficamente el Modelo del Subproceso para la Normalización Técnica, específicamente lo que se refiere a requerimientos de Ingeniería (ver figura 12).



Figura 12 – Modelo del Subproceso para la Normalización Técnica de Ingeniería

Fuente: Elaboración propia

6.7.2 Especificaciones del Proceso Operacional

Tomando como ejemplo la propuesta de un proyecto de tubería para conducir petróleo/oleoducto, normalmente las especificaciones de operación contemplan, los objetivos del proyecto, el alcance, la ubicación física, el presupuesto, el tiempo de consecución, etc.

6.7.3 Normas de Ingeniería de Diseño:

El manual de Ingeniería de Diseño dedica tres volúmenes para tuberías y oleoductos (Volumen 13-I; 13II; 13III Tuberías y Oleoductos), dentro de estos volúmenes analizaremos:

Revisión de la especificación PDVSA # H-221 materiales de tuberías en su revisión de Junio de 1992, haremos un análisis de su contenido.

Alcance: La especificación de Ingeniería H-221 contiene los requerimientos específicos para la selección de materiales que serán usados en la construcción y fabricación de todas la tuberías de proceso y servicio.

Códigos, normas y reglamentos: entre algunos de los especificaciones que forman parte de la especificación H-221, se mencionan las normas ANSI, código ASME, ASTM, API (Incluye API 5L tubería de Línea), MSS.

Especificaciones detalladas para materiales: El tipo de material para las tuberías especificadas se darán estrictamente en el diseño, requisición de compra, fabricación y prueba del sistema de tubería.

Requisitos de fabricación e implantación:

- Todos los elementos de los sistemas de tuberías para procesos y servicios deben ser fabricados e inspeccionados de acuerdo con la especificación de PDVSA H-231 "Requerimientos para Fabricación de Tubería".
- Los informes sobre las pruebas de fabricación deberán ser suministrados.

Tuberías de acero al carbono: La tubería fabricada según API 5L (no expandida) Grado B, debe ser considerada como un sustituto aceptable para las tuberías ASTM A53, Grado B.

Las tuberías y otros elementos de un Sistema de tuberías como son bridas, conexiones, válvulas, empacaduras, pernos están agrupadas por el índice de servicio a continuación se dan algunos ejemplos relacionados con tubería de acero al carbono y procesos, esto índices de servicio, tal como se muestra en la tabla 9, son una referencia fundamental para el subproceso de estandarización.

Índice de Línea/Servicio	Tuberías
AA1/Hidrocarburos, Aceite Combustible, Gas Combustible, Natural de Hidrógeno	½ a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura 3" a 6" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A106 Gr.B, Sin costura Gas
<u>Límite de Presión/Temperatura</u> 14 kg/cm ² a 204 °C 6,67 kg/cm ² a 399 °C	8" a 24" Sch.20, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura 30" a 36", 0.375" de Espesor de pared, ASTM A672 Gr.C55, Clase 12, Soldadura de Fusión eléctrica
AA2/ Como se indique en el índice de servicio.	½" a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 10" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin Costura.
<u>Límite de Presión/Temperatura:</u> 12 kg/cm ² a 204 °C 6,67 kg/cm ² a 399 °C	12" a 24" Estándar, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura 30" a 36" 0,375 de Espesor de pared, ASTM A672 Gr.C55, Clase 12, Soldadura de Fusión Eléctrica
AA2A/ agua ácida, Agua lavada, condensado Destilado y Fraccionado <u>Límite de Presión/Temperaduta</u> 11 kg/cm ² a 288 °C	½" a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 10" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 12" a 24" Estándar, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura 30" a 36" 0,375 de Espesor de pared, ASTM A672 Gr.C55, clase 12,

	Soldadura de fusión eléctrica.
AA3/Vapor de Baja Presión Condensado, Agua de Alimentación para Caldera <u>Límite de Presión/Temperatura</u> 14 kg/cm ² a 204 °C 6,67 kg/cm ² a 399 °C	½" a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 6" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A 53 Gr.B, Sin costura. 8" a 24" Sch.20, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura.
AA4/Hidrocarburos Generales (Temperatura Elevadas) <u>Límite Presión/Temperatura</u> 7 kg/cm ² a 399 °C 5 kg/cm ² a 427 °C	½" a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 6" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 8" a 24" Sch.20, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura.
AA5/Soda Cáustica (Etanolamina) <u>Límite Presión/Temperatura</u> 20 kg/cm ² a 399 °C	½" a 2" Sch.80, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 10" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 12" a 24" Estándar, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura.
Índice de Línea/Servicio	Tuberías
AA9/Crudo Destilados Vapor <u>Límite Presión/Temperatura</u> 10 kg/cm ² a 399 °C	½" a 2" Sch.XXS, Extremo plano, ASTM A106 Gr.B, Sin costura. 3" a 10" Sch.80, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 8" a 10" Sch.40, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 12" a 18" Estándar, Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin costura. 20" a 24" Sch XS Extremo biselado, ASTM A53 Gr.B, Sin Costura. 30" a 48" 0,500 Espesor de Pared, Extremo biselado, ASTM A672 Gr.55, Clase 12, Soldadura por Fusión Eléctrica.
AG1/Vapor de Hidrocarburos Con H ₂ S AK1/Agua desmineralizada, Condensado, Gas ácido, Gas Natural Licuado (LNG)	ASTM A 335 Gr.P5 (5Cr-1/2 Mo) ASTM A312 TP304 Con costura y Sin Costura

Tabla 9 – Ejemplo de índices de tuberías del RMM de PDVSA

Revisión de la especificación PDVSA # H201-Pipe Crossings actualizada en diciembre 1998:

Alcance: Esta especificación abarca los requerimientos mínimos para tuberías de línea en los cruces de carreteras, ríos y cruces con otras tuberías.

Referencia: API 1102 Recommended Practice for Steel Pipelines Crossing Railroads and Highway.

Otras referencia a normas de ingeniería PDVSA:

Revisión especificación PDVSA # H251-Process and Utility Piping Design Requirements. Actualizada en diciembre de 1998:

Alcance: Esta especificación abarca los requerimientos generales para el diseño de tuberías de procesos y tuberías de los sistemas de servicio.

Referencia: ANSI B31.3 Process Piping y normas de ingeniería de diseño de tuberías de PDVSA.

Materiales: Los materiales de construcción para sistemas individuales de tubería deberán estar conformes a la norma de ingeniería PDVSA # H221 materiales de tubería.

Tamaño de las tuberías y conexiones: Los tamaños de tuberías disponibles en pulgadas son:

½; ¾; 1; 1 ½; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 24 y tamaños mayores con incrementos de 6 pulgadas.

En general:

Para líneas de servicios - Tamaño mínimo ½”

Para línea de procesos – Tamaño mínimo 1”

Para línea de instrumentación – Sin limitaciones.

Para líneas de drenaje enterradas –Tamaño mínimo 4”

Para otras líneas enterradas – Tamaño mínimo 1 ½”

6.7.4 Especificaciones Técnicas de Materiales:

Dentro del análisis del subproceso de normalización y continuando con la Cadena de Valor para esta fase, debemos estudiar las especificaciones técnicas de materiales que en principio deben dar la continuidad al subproceso, estas especificaciones han sido desarrolladas con mayor detalle para los requerimientos técnicos de los materiales y equipos que se consideren importantes dentro de las normas de ingeniería. Siguiendo este orden de ideas y teniendo como referencia el análisis anterior a las normas de ingeniería de diseño, corresponde analizar la especificación técnica de materiales PDVSA #EM-18-00/03-Supplementary Specification to API Specification 5L-2000, esta norma tiene como fecha de su última revisión marzo de 2002.

Alcance: Esta especificación cubre tuberías de acero sin costura y con costura fabricadas de acuerdo a API 5L-2000. El documento PDVSA en estudio define requerimientos adicionales y complementarios a los establecidos en la especificación API.

Referencia: API 5L-2000, ISO 3183-3 Petroleum and Natural Gas Industries-Steel Pipe for Pipelines.

Nivel de especificación del producto (PSL): Adicional a los PSL1 y PSL2 establecidos en API, esta especificación establece los requerimientos para otro nivel de especificación del producto, el PSL3, para aplicaciones en servicios con presencia de gas ácido donde se requieren materiales de exigencias muy estrictas.

Requerimientos adicionales:

- Las planchas o bobinas usadas para fabricar tuberías no deben tener ningún tipo de reparación por soldadura.
- El acero usado para la fabricación de los tubos deberá ser totalmente calmado.
- El carbono equivalente no deberá exceder de 0,43%.
- Dimensiones, pesos, longitudes, defectos y acabados de los extremos:
 - El espesor de pared no se desviará al nominal en mas de +8% ó -6%.
 - La mínima longitud aceptable de tuberías mayores a 16 pulg. es de 10,5m y la longitud mínima promedio de esta es de 11,4m.
 - Reparaciones en la costura soldada por arco sumergido esta limitada a un número de tres con una longitud máxima acumulado de reparación de 200mm y manteniendo una distancia mínima entre las reparaciones de al menos 300mm.

6.7.5 Comentarios al análisis del subproceso de normalización basado en la normativa de ingeniería de diseño y de las especificaciones técnicas de materiales de PDVSA :

6.7.5.1 Normativas de Ingeniería de Diseño:

- Para el caso de la Norma de Ingeniería PDVSA #H-221 materiales para tuberías su emisión data de junio 92 sin revisiones mas actualizadas.

-
- En el alcance de la Norma de Ingeniería PDVSA #H-221 materiales para tuberías se especifica que su aplicación abarca todas las tuberías de proceso y servicio. Es de resaltar que esta especificación (H-221) está contenida en el volumen 13-I y esta especifica tuberías y oleoductos. En el alcance no se hace mención a esta aplicación.
 - En la Norma de Ingeniería PDVSA #H-221 materiales para tuberías, en la sección que corresponde que corresponde a códigos, normas y reglamentos aplicables, no se hace mención a la especificación técnica de materiales PDVSA # EM-18-00/03 (Supplementary Specification to API 5L-2000).
 - Por los requisitos de fabricación e inspección contenidos en la Norma de Ingeniería PDVSA # H-221 esta remite a la especificación de ingeniería H-231 “Requerimientos para la Fabricación de Tubería”, se recomienda cotejar esta especificación con la de materiales e inspección, ya que cualquier requisito debe formar parte contractual de un contrato u orden de compra.
 - La Norma de Ingeniería PDVSA #H221 materiales para tuberías, acepta a la especificación API 5L Grado B como sustituto de la ASTM A53 grado B. Esta información es importante que se considere en el ejercicio del subproceso de racionalización (Reducción de Variedades).
 - En los Índices de Servicios y especificaciones de tubería de línea contenidas en la norma de ingeniería PDVSA H-221 materiales para tuberías, observamos términos que no se corresponden con las normas estudiadas en éste trabajo, tales como:
 - Solo especifica tubería sin costura.
 - No existen aplicaciones aunque hace referencia a la norma API 5L.

-
- Proceso de soldadura por fusión eléctrica en diámetros mayores a 30” estos procesos se inician con la fabricación de diámetros mayores a 8 5/8”.
 - Denomina Sch XXS en vez de ser Designación API XXS.
 - La Norma de Ingeniería PDVSA #H-221 materiales para tuberías define los tamaños (Diámetros) a considerar y para tamaños mayores a 24 pulgadas se rige por con un incremento de 6 pulgadas. Importante tomar en cuenta para el subproceso de racionalización.

6.7.5.2 Especificaciones Técnicas de Materiales:

- La Especificación Técnica de Materiales PDVSA # EM-18-00/03 introduce como requerimiento adicional un Nivel de Especificación del Producto, el PSL3. Esto conlleva a un incremento en el número de variedades y el proceso debe ser cuidadosamente controlado.
- La Especificación Técnica de Materiales PDVSA # EM-18-00/03 es de reciente revisión.
- La Especificación Técnica de Materiales PDVSA # EM-18-00/03 mantiene como referencia la API 5L Line Pipe y describe en su contenido solo los requerimientos adicionales, el enfoque del Proceso de Normalización es un proceso mucho más eficiente, que el traducir completamente del Inglés la norma de referencia, en este último caso se requieran de mayores recursos para mantener actualizada la norma de la empresa.

6.8 Análisis de tuberías de línea desde la perspectiva del subproceso de racionalización:

Para este análisis se ha tomado como base la iniciativa local de estandarización, esta es llevada a cabo por PDVSA en la Gerencia de Ingeniería de Instalaciones la cual esta adscrita a la Gerencia de Ingeniería y Proyectos en el Occidente. La interpretación sobre el número de variedades teórica y real se hace con base en los datos de PDVSA en cuanto a las variedades generadas por norma, por renglones catalogados y renglones actuales en inventario.

6.8.1 Estandarización en Ingeniería y Proyectos - PDVSA Occidente:

Documento de Referencia #IPOC-11-MT-01-3004-LME: Lista de Marcas Estandarizadas de Componentes de Tuberías, Materiales de Aporte y Tornillería.

Objetivo del Documento: Asegurar la adquisición de componentes que cumplan los requisitos establecidos por la Industria Petrolera, como parte del trabajo de Estandarización y Racionalización de equipos que lleva la Gerencia de Ingeniería y Proyectos en PDVSA Occidente.

Este trabajo es elaborado por un equipo multidisciplinario conformado por el personal de Procura, Ingeniería de Mantenimiento e Ingeniería y Proyectos.

Criterios aplicados:

- Toma como base el documento #IP-2000-01/2 “Lista de Marcas Estandarizadas para componentes de tubería, materiales de aporte y Tornillería de julio de 2000”
- Marcas contenidas en el Catalogo de Materiales de PDVSA, cuyo comportamiento ha sido satisfactorio.

-
- Marcas aprobadas después de haber sido sometidos sus productos a pruebas de laboratorios y de campo.
 - Productos provenientes de empresas nacionales evaluadas por INTEVEP.
 - Marcas incluidas en la lista de proveedores calificados de PDVSA Servicios y en “Accepted Manufacture List” de Exxon.

En el Anexo 4,(ver página 144) podemos observar la lista de Marcas Estandarizados para componentes de tuberías, materiales de aporte y Tornillería para la categoría de tubería de línea.

6.8.2 Variedades Teóricas y variedades reales de Tuberías de Línea en PDVSA:

Entendemos por variedades teóricas aquellas generadas directamente de la norma para Tuberías de Línea API 5L y variedades reales aquellas contenidas en el Registro Maestro de Materiales de PDVSA.

Es fundamental para el subproceso de Racionalización tomar como base la normalización, como ya hemos explicado, para ello la Norma de Ingeniería de Diseño constituye la referencia obligatoria para la Racionalización, en el caso de tubería de línea esta norma es la PDVSA # H221, señalada anteriormente en este capítulo y los aspectos que allí se destacaron como comentarios son base para éste subproceso.

Otro aspecto importante son las Especificaciones de Materiales para Tubería de línea EM 18 – 00/03. Como mencionamos esta norma esta subordinada a la Norma de Ingeniería y ésta especifica los requisitos técnicos de las tuberías de línea con mayor detalle. Ahora bien, el hecho que no exista la consistencia entre ambas normas dificulta el correcto análisis de Racionalización y antes de continuar con este

subproceso, es necesario revisar ambas normativas para tomar los correctivos y lograr su compatibilidad

6.8.2.1 Generación de variedades para tuberías de línea según la Norma API 5L:

Las variedades que se generan de las normas nacionales e internacionales constituyen la referencia en el número máximo de variedades teóricas posibles. En el caso de API 5L existen una serie de elementos que influyen en el incremento de las variedades y que al combinarse estos, multiplican significativamente el número de variedades resultantes. En este trabajo no llegaremos a determinar el número total real de variedades del API 5L, a modo práctico solo definiremos las variedades que dependen de los diámetros y espesores contemplados en la norma, tal y como podemos observar en la Tabla 10, que totalizan un número de 606 variedades como base, que podrían incrementarse en mas de 500.000 las variedades de API 5L, si tomásemos en cuenta todos los elementos que a continuación se mencionan:

- Elementos dimensionales y extremos:
 - Diámetro..... 39 variedades
 - Espesores.....606 variedades
 - Extremos (Acabados de los planos planos, biselados, roscados y especiales).....4 variedades
 - Longitud (20 pies, 40 pies, 50 pies, 60 pies y 80 pies)
5 variedades
- Proceso de fabricación.....9 variedades
- Propiedades físico-químicos:
 - Grados (A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 Y X80).....11 variedades
 - Nivel de Especificación del Producto (PSL Product Specificaton Level)..... 2 variedades
- Por prueba hidrostática (se puede aplicar la estándar o la alterna)

2 variedades

- Sistema de recubrimiento (sin recubrimiento, con recubrimiento temporal).....2 variedades

6.8.2.2 Generación de variedades para tuberías de línea según Normas de Ingeniería de Diseño de PDVSA

Tomando como base la especificación PDVSA # H-221 tenemos los siguientes aspectos fundamentales que inciden en la estandarización de tuberías de línea, estos son:

- En PDVSA no se tiene los Grado A25 ni A como estándar de tubería.
- La norma de Ingeniería acepta a la especificación de tubería de línea API 5L Grado B como sustituto de la tubería de Acero al Carbono con o sin costura ASTM A53 B.
- Define los siguientes tamaños y diámetros estándares en pulgadas para Ingeniería:
1/2; 3/4; 1; 1 1/2; 2; 3; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 24 tamaños mayores deben incrementarse cada 6”.

En la tabla 10, las filas que se encuentran en oscuro (podemos observar como referencia), que son las variedades que se generan en función de los diámetros estandarizados en la norma de Ingeniería de Diseño H-221.

DIAMETRO (pulg)	NORMAS API API	INGENIERIA DE DISEÑO	NUMERO DE VARIEDADES						REQUERIM 2002
			RMM PDVSA			INVENTARIO PDVSA			
			S/C	C/C ERW	C/C SAW	S/C	C/C ERW	C/C SAW	
0,405	2	-	-	-	-	-	-	-	-
0,54	2	-	12	1	-	-	-	-	-
0,675	2	-	5	3	-	-	-	-	-
0,84	3	4	31	4	-	4	1	-	-
1,05	3	4	33	3	-	1	-	-	-
1,315	3	4	35	7	-	3	1	-	-
1,66	3	4	9	3	-	-	-	-	-
1,99	3	4	29	7	-	1	1	-	-
2 3/8	11	12	53	14	-	4	5	-	2
2 7/8	12	-	13	3	-	3	1	-	-
3 1/2	12	13	50	19	-	12	7	-	4
4	11	-	6	2	-	-	-	-	-
4 1/2	16	17	60	26	-	10	4	-	4
5 9/16	12	-	9	-	-	2	-	-	-
6 5/8	22	20	61	18	1	15	6	-	4
8 5/8	20	21	64	19	1	9	4	-	4
10 3/4	19	19	57	19	-	9	4	-	4
12 3/4	24	23	66	34	-	6	6	-	6
14	24	28	22	2	-	4	-	-	-
16	24	28	52	14	5	9	4	-	5
18	23	27	22	4	5	-	-	-	-
20	24	-	39	11	31	-	-	13	4
22	26	-	1	-	-	-	-	-	-
24	26	32	21	9	11	-	-	6	3
26	17	-	8	-	28	-	-	4	3
28	17	-	2	2	1	-	-	-	-
30	21	17	-	10	39	-	-	5	1
32	21	-	-	-	-	-	-	-	-
34	21	-	-	-	3	-	-	1	-
36	21	17	1	12	40	-	-	1	1
38	19	-	-	-	-	-	-	-	-
40	19	-	-	3	1	-	-	-	1
42	18	17	-	-	10	-	-	1	-
44	18	-	-	-	-	-	-	-	-
46	18	-	-	-	-	-	-	-	-
48	18	14	-	-	8	-	-	-	-
52	17	-	-	-	-	-	-	-	-
56	17	-	-	-	-	-	-	-	-
60	17	-	-	-	2	-	-	-	-
	606	325	761	249	186	92	44	31	46
				1196			167		

Tabla 10 – Número de variedades teóricas y número de variedades reales de tubería de línea API 5L en PDVSA del año 2002.

6.8.2.3 Variedades contenidas en el Registro Maestro de Materiales (RMM) de PDVSA:

El número de variedades por renglones contenidos en el Registro Maestro de Materiales, como se observa en la tabla 10 columna indicada por RMM para PDVSA, esta columna ha sido dividida a su vez en tres columnas en función del

proceso de fabricación de la tubería, es decir: sin costura (S/C), con costura ERW (C/C ERW) y con costura SAW (C/C SAW).

Es necesario indicar las siguientes observaciones a la base de datos original de PDVSA:

Tuberías sin costura:

- En la tabla se incluyen adicionalmente a tuberías de línea API 5L, ASTM A53 y ASTM A106.
- En el número de variedades totalizadas no fueron consideradas aquellas, que en la base de datos están indicadas por: diámetros nominales y no por el diámetro externo específico.
- La mayoría de las empresas industriales que fabrican tubería de línea sin costura API 5L, poseen facilidades para fabricar tuberías hasta 16". Sin embargo existen muy pocos fabricantes que produzcan tuberías de mayor diámetro. A nivel mundial se encuentran la Manessman en Alemania y Sumitomo en Japón, que por excepción llegan a fabricar hasta 24" de diámetro, es decir que esto no es un renglón estándar.
- En el caso de tuberías de línea sin costura, en diámetros de 26", 28", y 36" no es posible su fabricación.

Tubería con costura ERW:

- En la tabla se incluyen adicionalmente a tuberías de línea API 5L, ASTM A53 y ASTM A106.
- Este tipo de tubería es fabricado a nivel nacional por CONDUVEN en diámetro de 2 3/8" a 16" y es política de PDVSA, considerar la compras de productos fabricados en el país. Adicionalmente en diámetros mayores a 16" hasta 24", son muy pocos los fabricante Internacionales que existen por tanto se debe seleccionar otra opción, esta es la tubería con costura SAW.

-
- En el caso de tuberías de línea con costura ERW, en diámetros 28”, 30”, 36”, 40” no es posible su fabricación.

Tubería con costura SAW:

- Este tipo de tubería se fabrica normalmente a partir de 8 5/8pulg, pero son económicamente viables y competitivas en diámetros mayores a 16 pulg. En el país existen tres fabricantes de este tipo de tubería, a saber: HELVESA, IMOSA Y SOLTUCA con autorización API, la capacidad de producción de estas empresas alcanza 590.000 TM/año.
- Se observan diámetros de 6 5/8” (que no se fabrica bajo el proceso de soldadura por arco sumergido SAW), también se observó el 8 5/8”, pero éste no es una opción económicamente favorable para escoger.

6.8.3 Comentarios al análisis del subproceso de racionalización en tubería de línea de PDVSA:

6.8.3.1 Listas de marcas estandarizadas de PDVSA:

Se considera que el objetivo de esta iniciativa se alcanza parcialmente, ya que sí es correcto, que se asegura el cumplimiento de las especificaciones de materiales y equipos al definir qué proveedores califican para ello, ésta no cubre con las expectativas de un proceso de racionalización, cuyo objetivo primordial es evitar la proliferación y reducir las variedades.

En el caso específico de tuberías de línea, considerada esta como un material, se logra calificar 36 fuentes de suministro (fabricantes), pero no racionaliza variedades contenidas en la norma API 5L.

Para el caso de equipos, deberá complementarse las fuentes de suministros con características propias de estos, como son: capacidades, modelos, tipos, etc.

6.8.3.2 Variedades teóricas y variedades reales de tuberías de línea en PDVSA:

En vista que este subproceso no está implantado estructuralmente en PDVSA, se observan desviaciones propias al proceso, resultado del esfuerzo de una Racionalización no coordinada, por tanto no se logran los beneficios que el subproceso pueda dar a la corporación. A continuación señalaremos algunos elementos observados en el análisis:

- No se toma la norma de ingeniería de diseño como base para el subproceso de racionalización.
 - Caso de los diámetros definidos en la norma de ingeniería H-221.
 - Caso de la tubería API 5L como sustituto de la A53.
- La Especificación Técnica de Materiales no es suficiente para lograr una óptima estandarización.
- No considera las capacidades propias de cada proceso de fabricación de tuberías como son el de sin costura y el con costura.

6.9 Análisis de tuberías de línea bajo la perspectiva del subproceso de catalogación:

Para el desarrollo de este subproceso en PDVSA, tomaremos como base la información contenida en el Registro Maestro de Materiales para el renglón de tubería de línea.

Es importante destacar la estrecha relación que debe existir entre el subproceso de normalización con el de catalogación , sobre todo en lo concerniente a las especificaciones técnicas de materiales. Por tanto el subproceso de catalogación

debe reflejar fielmente estos requisitos a nivel de descripción del material. El Registro Maestro de Materiales para tuberías de línea se maneja a través del SAP y tiene un Sistema de Clasificación propio:

6.9.1 Identificación o número SAP

El número SAP es un código que ayuda a identificar los materiales, este código se caracteriza por ser secuencial, en nuestro caso de tubería de línea y de procesos, observaremos por ejemplo los siguientes números SAP con su correspondiente descripción de tubería, ver tabla 11:

# SAP	Descripción
175427	TUB LIN SC 6-5/8IN 45,35 LB/FT X60 BIS 4
175474	TUB LIN CC SAW 24IN 94,62 LB/FT B BIS 40
175483	TUB LIN SC 6-5/8IN 18,97 LB/FT A106B BIS

Tabla 11 – Identificación del número SAP en el caso de las tuberías de línea

6.9.2 Sistema de clasificación:

También conocido como árbol de clasificación, en la figura 12 podemos observar el sistema de clasificación constituido por la clase, características los valores y las jerarquías para tuberías de línea:

Clase para tuberías de línea:

Es la agrupación según la naturaleza y atributos de las tuberías de línea que permiten asociarlas de forma lógica y convenientes a través de códigos alfanuméricos se ilustra en la figura 13 que a continuación se reseña:

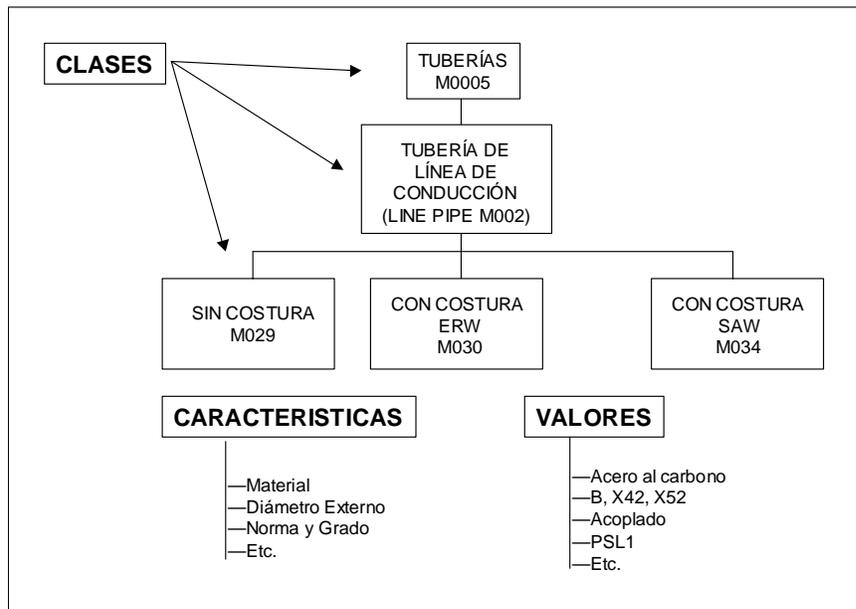


Figura 13 - Sistema de clasificación para el caso de tuberías
Fuente: Elaboración propia

Características para tuberías de línea:

Material

Diámetro Externo

Peso Nominal

Norma y Grado

Diseño de los Extremos

Recubrimiento Interno

Especificación Suplementaria

Longitud Nominal

Nivel de Especificación del Producto

Valores para tuberías de línea:

<u>Características</u>	<u>Valores</u>
Material	Acero al carbono
Diámetro Externo	Desde 0.405” hasta 60”
Peso Nominal	Desde 0.24 lb/ft hasta 309.72 lb/ft
Espeso de pared	Desde 0.068” hasta 2.130”
Norma y grado	API 5L B, X42, X46, X52, X60, X65, X70, X80, ASTM A53B, ASTM 106B
Diseño de los extremos	Acoplados, Biselados, Planos, Roscados, Planos x Roscados
Recubrimiento externo	Barnizado, brea epoxica, cloruro de polivinilo, concreto, galvanizado, prolileno, polipropileno
Recubrimiento interno	Natural y Epoxi
Especificación suplementaria	PDVSA EM 18-00/03
Longitud nominal	20 ft, 40 ft, 100ft
Nivel especificación producto	PSL1, PSL2, PSL3

Jerarquía para tuberías de línea: La jerarquía es el conjunto de clases ordenadas en diferentes niveles para la tubería de línea, su clase principal es TUBERÍA y como clase inferiores en el primer nivel tenemos TUBERÍA DE LINEA DE CONDUCCIÓN y en segundo nivel SIN COSTURA, CON COSTURA ERW Y CON COSTURA SAW.

6.9.3 Comentarios al análisis del subproceso de catalogación:

- Al estructurar secuencialmente el número de identificación SAP se limita el acceso lógico al sistema, ya que no se agrupan las características de una forma ordenada.
- Las descripciones deben reflejar los requerimientos de la normas de ingeniería de diseño.
- El catalogo de materiales tiene incluido diámetro/tamaños que no son posibles fabricar.
- En la estructura de Registro Maestro de Materiales no contiene un código o indicador que señale si el material es un estándar, es una selección técnica, es reparado, etc.

6.10 Ejercicio del proceso de estandarización aplicado a tuberías de línea

API 5L:

A continuación se simula un ejercicio de estandarización en tuberías de línea API 5L-2000 en diámetros de 20 pulg. y 26 pulg.

6.10.1 Información requerida:

Para el análisis de estos casos se ha tomado en cuenta la siguiente información de PDVSA:

6.10.1.1 Índices de Servicio según la norma de Ingeniería H-221 Materiales de tubería.

El índice de servicio para esta tubería es el siguiente (ver tabla 12) :

Índice de Línea/Servicio	Tuberías
AA1/Hidrocarburos, Aceite Combustible, Gas Combustible, Gas Natural de Hidrógeno	½ a 2” Sch.80, Extremo plano, API 5L, Sin costura 3” a 6” Sch.40, Extremo biselado, APLI 5L, Sin costura 8” a 24” Sch.20, Extremo biselado, API 5L, Sin costura
<u>Límite de Presión/Temperatura</u> 14 kg/cm ² a 204 °C 6,67 kg/cm ² a 399 °C	30” a 36”, 0.375” de Espesor de pared, API 5L Soldadura por Fusión eléctrica

Tabla 12– Índice de servicios según la norma H-221 de PDVSA

6.10.1.2 Renglones catalogados en el Registro Maestro de Materiales RMM y sus características:

Las características que aparecen en los RMM son; peso nominal, espesor de pared, designaciones API, Schedule de ANSI, grado. El número de variedades en el Registro Maestro de Materiales, tal y como se observa en los Anexo 6 y 7, (ver páginas 152 a la 156), se corresponden a lo siguiente:

Diámetro 20” S/C	39 variedades
Diámetro 20” C/C ERW	11 variedades
Diámetro 20” C/C SAW	31 variedades
TOTAL	81 variedades

Diámetro 26" S/C	8 variedades
Diámetro 26" C/C SAW	28 variedades
<hr/>	
TOTAL	36 variedades

6.10.1.3 Estimados de PDVSA para los Precios Unitarios Promedios (Bs/ft) de cada renglón.

Los Precios Unitarios Promedios (Bs/ft) por tipo de tubería están en los siguientes rangos:

Diámetros (pulg)	Rango espesores (pulg.)	Precios Rango MBs/ft
20	0.250/1.969	48/330
26	0.250/1.00	48/192

6.10.1.4 Estadísticas de los inventarios de PDVSA:

Los niveles de inventario son para el caso del ejemplo de tubería de 20" y 26" son los siguientes, ver anexo 3, (ver páginas 139 a la 143), tanto para el ejemplo como para el inventario total de tuberías de línea :

Diámetro 20" S/C	MM Bs. 2220
Diámetro 26" C/C SAW	MM Bs. 3065
Diámetro 26" C/C SAW	MM Bs. 230
<hr/>	
Total Inventario	MM Bs. 5515

6.10.1.5 Desempeño Mecánico:

Determina la equivalencia entre la tubería catalogada como estándar tomando como base el desempeño mecánico. El desempeño mecánico viene determinado por la siguiente formula:

$$P = \frac{2S * t}{D}$$

Donde: P = Presión de Diseño (psi)
 S = Esfuerzo Permisible (0.72 Sy, esfuerzo fluencia mínimo) (psi)
 t = Espesor en pulgada.
 D = Diámetro externo en pulgadas

Para los casos de diámetros de 20” y 26” se pueden ver cual es el Desempeño Mecánicos por cada uno, en el Anexo 8 y 9 , (ver páginas 157 y 158).

6.10.2 Desarrollo de la propuesta de estandarización para el ejercicio:

La propuesta de estandarización de los renglones de tuberías de línea API 5L-2000 en diámetros de 20” y 26” (pulgadas), debe ser presentado al comité central de estandarización por el coordinador de estandarización. El comité debe estar integrado por representantes de las organizaciones relacionadas con el tipo de material, entre ellos: especialista, operadores, personal de procura, etc.

Es fundamental estudiar y analizar renglón por renglón, con base en la propuesta de coordinación de estandarización, desde el punto de vista técnico, operacional y de administración o compras

- Normas de ingeniería: En vista que la norma de ingeniería acepta la especificación API 5L Grado B como sustituto de ASTM A53 Grado B y tomando como referencia que la ASTM 106 Grado B tiene las mismas propiedades, se propone que la especificación API 5L Grado B se ha sustituida por la antes mencionada. Adicionalmente se propone incluir como criterio de racionalización que la tubería de longitud 40 ft sea sustitutiva de la longitud de 20 ft. El producto de aplicar estos criterios nos lleva a proponer el “Primer Nivel de Estandarización”.

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	1er. Nivel
20	S/C	39	17
20	C/C ERW	11	11
20	C/C SAW	31	25
Subtotal de Variedades		81	63

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	1er. Nivel
26	S/C	8	21
26	C/C ERW	0	0
26	C/C SAW	28	7
Subtotal de Variedades		36	28

Tabla 13 –Primer Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.

- Renglones catalogados: Se toma como base para la propuesta de Estandarización, todos aquellos renglones catalogados como estándares seleccionados por API (Designaciones API) y todo los estándares seleccionados por ANSI (Números de Schedule) (ver Anexo 5, página 145). Producto de aplicar este criterio, da una Propuesta de

Estandarización que denominaremos “Segundo Nivel de Estandarización”, el resultado de éste se puede observar en la columna 5 de la tabla 14.

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	2do. Nivel
20	S/C	39	11
20	C/C ERW	11	9
20	C/C SAW	31	19
Subtotal de Variedades		81	39

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	2do. Nivel
26	S/C	8	3
26	C/C ERW	0	0
26	C/C SAW	28	6
Subtotal de Variedades		36	9

Tabla 14 – Segundo Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.

- Factibilidad de Fabricación de tuberías de línea: Tomando en cuenta que tuberías de línea mayores de 24”, no es factible su fabricación sin costura ni con ERW pero si es factible fabricarlo en SAW. El producto de aplicar este criterio a la factibilidad de fabricación genera una propuesta de Estandarización, que se denomina “Tercer Nivel de Estandarización”, se puede observar en la columna 5 de la tabla 14.

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	3ro. Nivel
20	S/C	39	11
20	C/C ERW	11	9
20	C/C SAW	31	19
Subtotal de Variedades		81	39

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	3ro. Nivel
26	S/C	28	0
26	C/C ERW	0	0
26	C/C SAW	8	9
Subtotal de Variedades		36	9

Tabla 15 – Tercer Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.

- Desempeño Mecánico: La equivalencia en el desempeño mecánico, se determina a partir de la presión de diseño de un grado de tuberías no estándar y éste valor es llevado a un nivel de Presión de Diseño para una tubería estándar. Este calculo implica que para mayores niveles de presión en tuberías de determinados grados y espesores, puede hallarse un equivalente a nivel de presión, pero de mayor grado y menor espesor. Esta equivalencia favorece el factor costo, ya que a menor peso por longitud menor es el costo.

Al aplicar este criterio se genera un “Cuarto Nivel de Estandarización”. En el que se incluye este factor como compensador de una reducción de variedades determinada por el Segundo Nivel de Estandarización, que no considera la Presión de Diseño, arrojando como resultado un incremento en la variedad dependiendo del grado de la tubería que resulta como sustituto (ver Anexo 8 y 9, páginas 157 y 158).

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	4to, Nivel
20	S/C	39	. +17
20	C/C ERW	11	
20	C/C SAW	31	
Subtotal de Variedades		81	56

Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	4to. Nivel
26	S/C	28	, +16
26	C/C ERW	0	
26	C/C SAW	8	
Subtotal de Variedades		36	25

Tabla 16 –Cuarto Nivel de Estandarización para el ejercicio de tuberías.

Resumiendo y aplicando los criterios a la situación particular de las tuberías de línea de diámetros 20 pulg. y 26 pulg. da como resultado una reducción de potencial de 36 en las variedades, como se muestra en la columna 8

NUMERO DE COLUMNAS							
1	2	3	4	5	6	7	8
Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	Nivel de Estandarización				Reducción de Variedades
			1er.	2do	3ero.	4to.	
20	S/C	39	17	11	11	,+17	25
20	C/C ERW	11	11	9	9		
20	C/C SAW	31	25	19	19		
Subtotal de Variedades		81	63	39	39	56	
Diámetro (pulg)	Tipo de Tubería	# Renglones Catalogados	Nivel de Estandarización				Reducción de Variedades
			1er.	2do	3ero.	4to.	
26	S/C	8	21	3	0	,+16	11
26	C/C ERW	0	0	0	0		
26	C/C SAW	28	7	6	9		
Subtotal de Variedades		36	28	9	9	25	

Tabla 17-Relación de Variedades de Tubería de Línea de 20" y 26".

6.9.3 Efectos Económicos de la Estandarización sobre los costos

Existen un efecto intangible que tiene la estandarización sobre los costos/ahorro a nivel de administración, almacenamiento, calidad, mejora de las compras (compras por mayor volumen), mejora en mantenimiento y operaciones, etc. Beneficios estos fueron señalados entre otros en las ventajas al implantar un proceso de estandarización en una organización.

Sin embargo para este ejercicio podemos puntualizar un ahorro directo en los costos de tuberías al estandarizar ésta, aproximadamente de un 15 % a nivel de precios unitario Bs/ft. Esta situación la podemos observar en la tabla siguiente, en la cual se ha hecho una selección de tuberías de 20 pulg. y basados en estimados de precios obtenidos de la data de PDVSA.

SELECCIÓN ACTUAL TUBERIA C/C SAW 20"			RACIONALIZACIÓN PROPUESTA TUBERIA C/C SAW 20"				AHORRO POTENCIAL
Espesor (pulg)	Grado	Bs/ft	SCH	Espesor (pulg)	Grado	Bs/ft	Bs/ft
0,312	X42	95556	10	0,25	X52	75984	19572 (20%)
0,438	B	134699	STD	0,75	X42	115328	19771(14%)
0,438	X52	167948	STD	0,375	X60	1387153	52820(17%)
0,562	X52	195940	XS	0,5	X60	174946	20994(10%)

Tabla 18 – Estimado de los costos tubería de 20"

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En vista que la racionalización no está implantada estructuralmente en PDVSA, se observan desviaciones propias al proceso de estandarización, ya que existen esfuerzos de racionalización sin una coordinación que dicte lineamientos y procedimientos en esta materia
2. La estructuración secuencial, sin agrupación ordenada, de los números de identificación SAP (Catalogo de Materiales), limita el acceso lógico al sistema y contribuye a catalogar el mismo material más de una vez con diferentes códigos.
3. Del ejercicio de estandarización de tuberías de línea en 20 y 26 pulgadas se puede concluir que:
 - Para el caso de tuberías de línea de 20 pulgadas de 81 variedades contenidas en el catalogo de materiales, se propone reducir 25; quedando en el registro 56 variedades.
 - Para el caso de tuberías de línea de 26 pulgadas, donde se tienen originalmente 26 variedades, se propone reducir 11 variedades; quedando en el registro 25.
 - En cuanto al efecto que tiene la estandarización sobre los costos y adicionalmente a los ahorros intangibles que provienen de la implantación del proceso de estandarización en la organización, tenemos que para el caso de tuberías de línea de 20 y 26” y con base en los costos unitarios estimados en Bs/ft señalados en la tabla 17, se pueden lograr ahorros que promedian el 15%. Estos ahorros no solo se llevan a las compras propiamente dichas, sino también a la optimización de la planificación y el control de los inventarios de la Industria Petrolera Nacional.

4. En cuanto a las normas de Ingeniería se concluye:

- La norma de ingeniería PDVSA #H221, Materiales para Tuberías (junio 1992), tiene un desfase de diez años con respecto a las Especificaciones Técnicas de Materiales PDVSA #EM-18-00/03. Supplementary Specification to API 5L-2000 (marzo 2002). Esta situación genera obsolescencia en los requerimientos de ingeniería y desconocimientos a nuevos requisitos de la Especificación Técnica de Materiales.
- La Norma de Ingeniería PDVSA #H221, Materiales para Tuberías, no menciona entre sus referencias a la Especificación Técnica de Materiales PDVSA #EM-18-00/03, Supplementary Specification to API 5L2000.
- La Norma de Ingeniería PDVSA #H221, Materiales para Tuberías acepta a la especificación API5LB, como sustituto de la ASTM A53B. Sin embargo esta racionalización no se toma en cuenta, al estar catalogados por separado el API 5LB y el ASTM A53B.
- La Norma de Ingeniería PDVSA #221, Materiales para tuberías establece que en los diseños de proyectos de tuberías de línea (oleoductos, gasoductos, poliductos, etc.) en diámetros mayores a 18 pulgadas, solo deben considerarse diámetros que correspondan aun incremento de 6 pulgadas. Esta normativa no ha sido aplicada ya que se observan tuberías catalogadas (Tabla 10), en diámetros de 20 pulgadas; 22 pulgadas; 28 pulgadas; 34 pulgadas; 40 pulgadas;
- La Lista de Marcas Estandarizadas de PDVSA alcanza parcialmente su objetivo, ya que si bien asegura que proveedores calificados suministren tuberías según las Especificaciones de Materiales de PDVSA, no cubre las expectativas de un proceso de estandarización en cuanto a la reducción de variedades de tuberías.

-
5. En vista que PDVSA tiene definido el modelo del proceso de estandarización y la cadena de valor conformados por: los proveedores del proceso, los insumos, los subprocesos (Normalización / Racionalización/ Catalogación), los productos/resultados y los clientes, y a raíz de los beneficios demostrados en este trabajo, se recomienda la implantación del proceso de Estandarización para materiales y equipos que usa la corporación.
 6. El subproceso de normalización ha sido complejo en cuanto a los criterios establecidos para la elaboración de las normas de ingeniería de diseño y de especificaciones de materiales, que no ha permitido la actualización de sus requisitos a la par del desarrollo y evolución de las normas internacionales, se recomienda dar prioridad a la revisión y actualización de la normativa técnica que aplica a la ingeniería, materiales y equipos, tomando en cuenta la coherencia que debe existir en el desarrollo de normas técnicas que atañen una misma área o disciplina.
 7. Empezar un plan de acción que involucre la estandarización a nivel de desarrollo conceptual de proyectos y a nivel de los correctivos a subsanar en la situación actual de materiales y equipos usados en la industria petrolera, con la participación de todos los interesados.
 8. Estructurar una organización acorde con la ejecución del proceso de Estandarización y con responsabilidades claramente definidas y formalizar los distintos Comités de Estandarización por disciplinas técnicas bien definidas y formados por representantes de las organizaciones de apoyo y usuarios del proceso.

-
9. Blindar la operación del proceso de estandarización, para evitar que continúe el incremento no controlado en las variedades de materiales y equipos, requeridos por los usuarios, mediante el establecimiento de un plan de trabajo inicial a tiempo definido e identificando las actividades a ejecutar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. API (American Petroleum Institute) API 5L “Specification for Line Pipe”, Julio 2000.
2. ASME (American Society of Mechanical Engineers), “Metals Properties”, Edited McGraw-Hill, First Edition, 1954.
3. Avner Sidney H. “Introducción a la Metalurgia Física”. Editorial McGraw-Hill, Madrid 1966.
4. PDVSA-Bariven “Manual de Procedimientos Operacionales”, Marzo 2000.
5. PDVSA-Bariven “Maestro de Materiales”, Marzo 2000.
6. PDVSA-Bariven “Maestro de Proveedores”, Marzo 2000.
7. PDVSA-Bariven “Manual de Procedimientos Administrativos”, Marzo 2000.
8. PDVSA-I&P “Manual de Ingeniería de Diseño / Materiales de Tuberías / PDVSA #H-221”, Junio 1992.
9. PDVSA-I&P “Supplementary Specification to API Specification 5L / PDVSA # EM-18-00/03”, Marzo 2002.
10. PDVSA-I&P “Manual de Ingeniería de Diseño Vol 13-II Tuberías y oleoductos”, Octubre 2001.

-
11. PDVSA-I&P Occidente “Lista de Marcas Estandarizadas, Componentes de Tuberías, Materiales de Aporte y Tornillería / Documento Técnico IPOC-II-MT-01-3004-LME”, Febrero 2001.
 12. PDVSA-I&P “Manual de Ingeniería de Diseño de Procesos”, Diciembre 1998.
 13. Shell International Petroleum MAATSCHAPPIJ B.V. “General Index to MESOC”. The Hague, December 1986.
 14. Taylor, George A. “Ingeniería Económica” Primera Edición”. Editorial Limusa-Wiley. México 1972.

