



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS
VÁLVULAS DE BOLA TIPO *ORBIT* DE LOS TRENES A, B Y C DE LA
PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE,
PDVSA GAS**

TUTOR ACADÉMICO:

Msc. Ing. Turmero Iván

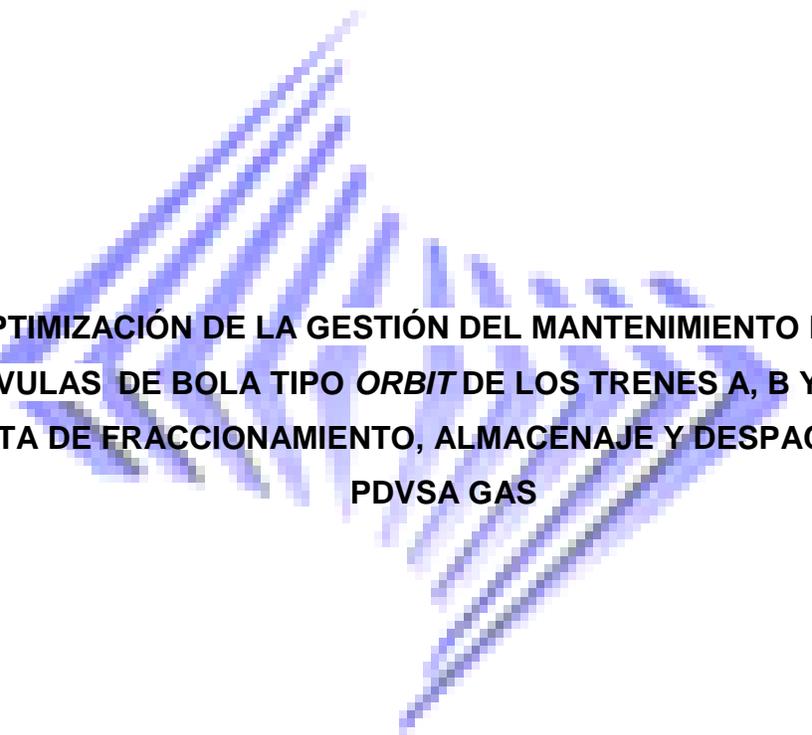
TUTOR INDUSTRIAL:

Ing. Bello Enrique

AUTORA:

Orta Noslen

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2015



**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS
VÁLVULAS DE BOLA TIPO *ORBIT* DE LOS TRENES A, B Y C DE LA
PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE,
PDVSA GAS**

U
N
E
X
P
O



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICERRECTORADO – PUERTO ORDAZ DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO**

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS
VÁLVULAS DE BOLA TIPO *ORBIT* DE LOS TRENES A, B Y C DE LA
PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE,
PDVSA GAS**

AUTORA. NOSLEN ORTAS

Trabajo de investigación que se presenta ante el Departamento de Ingeniería Industrial como requisito académico para obtener el título de Ingeniero Industrial

Msc. Ing. Turmero Iván
(Tutor Académico)

Ing. Bello Enrique
(Tutor Industrial)

CIUDAD GUAYANA, OCTUBRE DE 2015



ORTA SOTO, NOSLEN NAZARETH

**“OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS
VÁLVULAS DE BOLA TIPO *ORBIT* DE LOS TRENES A, B Y C DE LA
PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE,
PDVSA GAS”**

Ciudad Guayana,

Octubre 2015 Pág. 122

TRABAJO DE GRADO

Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio Jose de Sucre”

Vice-rectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial

. Tutor Académico: Msc. Ing. Iván Turmero Tutor Industrial: Ing. Enrique Bello

Capítulos: I El Problema. II Generalidades de la Empresa III Marco Teórico. IV
Diseño Metodológico. V Situación Actual. VI Análisis y Resultado.
Conclusiones. Recomendaciones. Bibliografía. Apéndices.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, miembros del Jurado Evaluador designados por el departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio Jose de Sucre”, para evaluar el trabajo de grado presentado por la ciudadana: ORTA SOTO NOSLEN NAZARETH portador de la cédula de identidad N°20.557.404 titulado: **OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS VÁLVULAS DE BOLA TIPO ORBIT DE LOS TRENES A, B Y C DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE, PDVSA GAS.** Para optar por el Título de Ingeniero Industrial, consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos para tal efecto y por lo tanto lo declaramos: **APROBADO.**

En fe de lo cual se levanta la presente acta en Puerto Ordaz a los ___ días del mes de _____ del año 2015

Msc. Ing. Turmero Iván
(Tutor Académico)

Ing. Bello Enrique
(Tutor Industrial)

JURADO 1

JURADO 2



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a todas esas personas que con un granito de arena me ayudaron a llegar a este momento. A mi madre, María Soto, por ser un apoyo incondicional y animarme todas las veces que pensaba tirar la toalla. A mi padre, Nelson Orta, por ser ese pilar, ese impulso a seguir adelante y dar más de mí. A mi hermano, Nelson Samuel Orta, por recorrer este camino conmigo y ser su inspiración para sus estudios a futuro.

Le dedico este trabajo a toda mi familia Soto Hernández y Orta Bolívar, por aconsejarme ayudarme con esos pequeños detalle que nos llenan como personas y nos impulsan a ser mejores. Entre ellas están mis primas-hermanas que son mi todo, Euridices Orta, Dayana El Nimer, Yorgredicis Aguane, Daynimer Escobar, Aaulig Soto. Mis primos que en su momento me liberaron de todo estrés causado, Dickson Soto, Mervin Escobar, Sayed Jose, Carlos Aguane y Félix Orta, entre ellos mis tíos, Dicsoy Soto, Neomar Arias y Dickson Soto.

Sin dejar a un lado a mis tías maternas y paternas, que siempre me dieron su apoyo incondicional y estuvieron al pendiente de mis estudios, en especial a Yurbis Soto, Ligia Soto, Yaneth Soto, Lilia Soto, Ylisney Orta y Dainy Soto.

Y para mí los más importantes de todos, mis abuelos, sin ellos no seríamos nada, tengo la dicha de tenerlos aun conmigo y para ellos va este proyecto. Ligia Hernández, Euridcis Bolívar y Sixto Soto.

A todos ellos, les dedico este proyecto.



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haber colocado todas esas personas maravillosas en mi camino. A la virgen del Valle, por darme la fuerza, sabiduría, ser mi protectora y guiarme en el camino para llegar al lugar que hoy ocupo.

A mis tíos Jose Díaz y Brizaida Barreto, por recibirme en su hogar, darme calor, apoyo y consentirme en lo que fue mi estadía en Barcelona.

A mi primo Cesar Bolívar, que me brindo su apoyo para realizar mi tesis en la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose.

A mis tutores industriales, Ing. Enrique Bello y TSU Jose Quijada, por su apoyo, consejos, orientación y dedicación en la realización del proyecto.

Al Ing. Rafael Gamboa, por toda la colaboración prestada durante mi estadía en la planta. Así como también al TSU Eduardo Zabala, quien fue nuestro vocero defensor y nos dio todo su apoyo en cada problema y/o emergencia que se nos presentaba.

Al Ing. Wilmer Hernández, los TSU, Carlos Reyes y Jesús García, gracias por recibirme como si fuera una integrante más de su equipo trabajador; y a mis amigos pasantes, gracias por permitirme compartir con ustedes esta etapa de aprendizaje en mi vida.

A mi tutor académico, Msc. Ing. Iván Turmero, gracias por su dedicación, orientación, conocimiento y ayuda prestada para la culminación de mi trabajo de grado.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICE-RECTORADO PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DE LAS
VÁLVULAS DE BOLA TIPO *ORBIT* DE LOS TRENES A, B Y C DE LA
PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO JOSE,
PDVSA GAS**

Autor: Noslen N. Orta S.
Tutor Académico: Msc. Ing. Iván Turmero
Tutor Industrial: Ing. Enrique Bello.
Fecha: Agosto, 2015.

RESUMEN

En el siguiente trabajo se realizó una optimización del mantenimiento de las válvulas de bola tipo Orbit (KV) en los tratadores de propano, en función de corregir su mantenimiento, tener un estimado de costo de reparación de las mismas y una estructura de costos establecida. Cuya investigación fue de tipo no experimental, la cual se llevó a cabo en la Superintendencia de Mantenimiento Operacional de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual de las válvulas de bola en los tratadores de propano de los trenes A, B y C de la planta mencionada. El análisis se desarrolló mediante la elaboración de diagrama de Pareto, análisis de criticidad, diagrama causa – efecto y un Análisis de Modo y Efecto de Fallas, determinando así las fallas críticas y los costos de riesgos de reparación; para ello se enfoca en la aplicación de una adecuación de un plan de mantenimiento, estructura de costos, entre otras.

Palabras claves: Mantenimiento, costos, riesgos.



ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	4
EL PROBLEMA	4
1.1 Planteamiento del Problema	4
1.2 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo General	9
1.1.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Alcance	10
1.4 Limitaciones	11
1.5 Justificación	11
CAPÍTULO II	13
GENERALIDADES DE LA EMPRESA	13
2.1 Descripción de la Planta	13
MISIÓN	15
VISIÓN	15
POLÍTICA DE CALIDAD	15
OBJETIVOS DE LA CALIDAD	16
2.2 Descripción del Proceso	16
2.3 Estructura Organizacional	19
2.4 Área de Trabajo	20

CAPÍTULO III	22
MARCO TEÓRICO	22
3.1 Teoría de Costos	22
3.2 Principios generales del costo de mantenimiento	22
3.1.1 Costos Directos	22
3.1.2 Costos indirectos	23
3.2 Elementos del Costo	24
3.2.1 Sistemas de costos	24
3.3 Válvulas de Control	28
3.4 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)	30
3.6 Diagrama Causa-Efecto	32
3.7 Análisis de Criticidad	35
3.6 Diagrama de Pareto	37
3.8 Glosario de Términos	39
CAPITULO IV	43
DISEÑO METODOLÓGICO	43
4.1 Tipo de Investigación	43
1. Según su finalidad	43
2. Según el nivel de profundidad y amplitud de las variables estudiadas	43
3. Según el lugar donde se realizara la investigación	43
4. Según la fuente de datos que utilizara el investigador	44
4.2 Población y Muestra	44
4.3 Instrumentos de Recolección de Datos	44



4.4 Recursos Físicos	45
4.5 Equipos de Protección Personal	45
4.6 Procedimiento Metodológico	46
CAPITULO V	48
SITUACIÓN ACTUAL	48
5.2 Características de la gestión de mantenimiento aplicada en los Tratadores de Propano de los Trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose	52
5.3 Proceso Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)	55
CAPITULO VI	62
ANÁLISIS Y RESULTADOS	62
6.1 Proceso del Análisis de Criticidad	62
6.2 Análisis del Diagrama Causa- Efecto	66
6.3 Resultado del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)	67
6.3 Jerarquización de los modos de falla	69
6.4 Identificación y Descripción de los Elementos del Costo de Mantenimiento de las Válvulas KV Tipo Orbit	70
6.5 Diseño del Esquema de la Estructura de Costo y Gastos de Mantenimiento de las Válvulas KV Tipo Orbit en los Tratadores de Propano del Tren “C”	76
6.6 Costos y Flujo de Mantenimiento.	78
6.7 Plan de acción en función de las fallas presentadas en los Válvulas de Bola KV Tipo Orbit	80
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84

BIBLIOGRAFÍA _____	86
APÉNDICES _____	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla descriptiva de las fallas Repetitivas en las Válvulas KV Tipo Orbit _____	51
Tabla 2 Comportamiento mensual de las Fallas en las Válvulas de Bola KV en los Tratadores de Propano del Tren C _____	53
Tabla 3 Especificaciones de las Válvulas KV Tratadores de Propano Tren “C” _____	60
Tabla 4 Guía de Criterios _____	63
Tabla 5 Lista Jerarquizada con Equipos de Mayor Criticidad _____	65
Tabla 6 AMEF Válvulas KV Tipo Orbit Tratadores de Propano _____	68
Tabla 7 Jerarquización de Modos de Falla con Mayor Costo de Riesgo _____	70
Tabla 8 Personal ingresado para la Fase de Pre-Mantenimiento y Mantenimiento _____	71
Tabla 9 Personal PDVSA _____	71
Tabla 10 Mano de Obra Directa _____	72
Tabla 11 Horas Planificadas Vs Ejecutadas _____	74
Tabla 12 Costo Total de Mantenimiento _____	74
Tabla 13 Relación de Costos Comunes Mensuales _____	75
Tabla 14 Esquema de la Estructura de Costos de Mantenimiento _____	77
Tabla 15 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit _____	80
Tabla 16 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit _____	81
Tabla 17 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit _____	81



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Complejo Criogénico de Oriente _____	14
Figura 2 Esquema del proceso de Fraccionamiento de LGN _____	19
Figura 3 Organigrama de la Gerencia de Fraccionamiento y Despacho Jose _____	20
Figura 4 Diagrama Causa-Efecto _____	35
Figura 5 Guía y Matriz de Criticidad _____	37
Figura 6 Válvula de Bola con Retención Basculante _____	58
Figura 7 Diagrama Causa-Efecto Válvulas KV Tipo ORBIT _____	61
Figura 8 Matriz de Criticidad Válvulas KV Tratadores de Propano _____	64
Figura 9 Resultados de análisis de criticidad _____	65
Figura 10 Distribución de funciones, fallas funcionales y modos de falla de las Válvulas KV Tipo Orbit de los Tratadores de Propano del Tren “C” de Fraccionamiento _____	67

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1 Tendencia de Fallas Mensuales en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit en los Tratadores de Propano del Tren C _____	54
--	----

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación de Criticidad _____	36
Ecuación 2 Riesgo de Proceso _____	55
Ecuación 3 Impacto Total _____	62

ÍNDICE DE APENDICES

Apéndice A Jerarquización de Grado de Criticidad de Las Válvulas _____	89
---	----



Apéndice B AMEF Fugas Internas - Fugas en la Línea de Operación a través de la Válvula de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit _____	90
Apéndice C AMEF Fugas Externas de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit	91
Apéndice D AMEF Inmovilización — imposibilidad de movimiento o muy dificultoso, para abrir/cerrar; en ocasiones acompañado por la rotura del vástago (cizallamiento) de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit _____	92
APÉNDICE E MANUAL DE MANTENIMIENTO _____	93
Apéndice F Torres Fraccionadoras de los Trenes de Fraccionamiento de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose _____	104
Apéndice G Balas de Almacenamiento de LGN _____	104
Apéndice H Tratadores de Propano Tren “A” _____	105
Apéndice I Tratadores de Propano Tren “B” _____	106
Apéndice J Tratadores de Propano Tren “C” _____	107
Apéndice K Válvula con Pin guía y Eje Obstruido _____	108



INTRODUCCIÓN

En la planta de Fraccionamiento y Despacho Del Complejo Criogénico de Oriente, se tiene como finalidad procesar el Gas Natural para la extracción de líquidos de elevado valor comercial, como propano, normal butanos, isobutanos, pentano, gasolina natural y nafta residual, para su aprovechamiento en el sector doméstico e industrial del país y como materia prima para la industria petroquímica. Entre la gran variedad de uso de los mismos, se puede mencionar la recuperación mejorada de crudos, la materia prima para las refinerías, las plantas petroquímicas y el uso energético.

La misma, se encuentra organizada en una Gerencia de Fraccionamiento y tres Superintendencias: Superintendencia de Fraccionamiento, Superintendencia Almacenaje y Despacho, Superintendencia de Mantenimiento Operacional; y una sección funcional y operativa: Sección de Servicios Generales.

La presente investigación tiene lugar en la Superintendencia de Mantenimiento Operacional, la cual se encarga de supervisar, mantener y mejorar todas las áreas específicas asignadas, disponiendo de tres secciones de trabajo altamente calificadas: Sección de Planificación y Programación, Sección de Mecánica y Sección de Electricidad e Instrumentación.

Para toda empresa de producción, que dispone de equipos en sus instalaciones para la ejecución de su proceso productivo, se le es necesario llevar a cabo una gestión de mantenimiento. La cual se trabaja como una estrategia de organización que exige y sigue una serie de pasos como



diseño, construcción, implantación servicio y aplicación; para garantizar el funcionamiento de los equipos en un estado óptimo y confiable.

En la actualidad la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose esta en busca de reemplazar o reparar las válvulas de bola KV Tipo Orbit de los tratadores de propano del Tren “C” de Fraccionamiento, dicha reparación o reemplazo se lleva a cabo con servicios foráneos contratados de empresas, ya sea Bariven o Valeven. Dichas empresas mantienen unos costos estipulados para su contratación y servicio.

Entre los tipos de mantenimiento que son aplicados en la planta de fraccionamiento se tienen:

- **Mantenimiento Rutinario:** ejecución de actividades de corta duración, generalmente para la realización de mantenimiento rutinario, que se basa en la lubricación de los actuadores y el cuerpo externo de la válvula.
- **Mantenimiento Preventivo:** Se realizan en paradas de plantas programadas cada tres meses en cada uno de los equipos. Donde las revisiones se realizan por horas de funcionamiento.
- **Mantenimiento Correctivo:** está referida a la ejecución de actividades de mantenimiento de gran impacto, este tipo de reparaciones se hace esporádicamente y a gran escala. Su ejecución es programada.

El estudio se realizó con un diseño de investigación de tipo no experimental, aplicado y explicativo; a fin de cumplir los requerimientos



estables y así poder analizar las partidas de acción, las fallas más concurrentes y poder dar solución a la problemática.

Posteriormente, el presente informe estará estructurado en cinco capítulos, a continuación se describen brevemente cada uno de ellos:

- Capítulo I: Se describió la problemática y se incluirán los objetivos a cumplir, alcance, justificación y limitaciones de dicha problemática.
- Capítulo II: Se detallaron las generalidades de la empresa tanto su descripción, política de calidad y proceso productivo.
- Capítulo III: se realizó el marco teórico de los términos a utilizar durante la investigación.
- Capítulo IV: se detallaron los aspectos procedimentales a seguir durante la elaboración del proyecto. Anexado a esto la bibliografía y el cronograma de actividades.
- Capítulo V: Se detalló la situación actual de las válvulas en los tratadores de propano.
- Capítulo VI: Se exponen los resultados obtenidos mediante los análisis realizados en la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

En el presente capítulo se describirá la necesidad presentada por la Planta de Fraccionamiento y Despacho Del Complejo Criogénico de Oriente, específicamente en los Tratadores de Propano de los trenes de fraccionamiento de la misma. Simultáneamente se detallaran el planteamiento del problema, los objetivos y las limitaciones de la investigación.

1.1 Planteamiento del Problema

El Complejo Criogénico de Oriente, es el mayor desarrollo gasífero en Latinoamérica, Construido por la empresa Meneven y puesto en funcionamiento el 22 de noviembre de 1985; su misión es procesar el Gas Natural para la extracción de líquidos de elevado valor comercial.

La planta de fraccionamiento y despacho forma parte de este proceso productivo. Ubicado entre los municipios Simón Bolívar y Peñalver. Éste, se encarga de separar los Líquidos de Gas Natural (LGN) por diferencia de volatilidad de sus componentes; la alimentación de los líquidos a la Planta provienen de las Plantas de Extracción San Joaquín, Santa Bárbara y Juespin y de la Planta de Refrigeración San Joaquín (RSJ). Esta alimentación combinada llega a la planta por dos poliductos de 16". Los líquidos de LGN son separados en productos: propano, i-butano, n-butano, gasolina natural, pentano y nafta residual a través de cuatro trenes de fraccionamiento (A, B, C Y D) cada uno con una capacidad de 50000 barriles por día (50 MBBLD).



Luego el LGN es almacenado en una batería de 8 balas, para posteriormente ser precalentada en una primera etapa por 5 intercambiadores de calor en paralelo, que consiste en los enfriadores de los productos propano, i-butano, n-butano, gasolina natural, pentano y nafta residual.

El proceso de fraccionamiento consiste en una destilación a través de cuatro torres colocadas en serie en cada tren, denominadas: Despropanizadora, Debutanizadora, Separadora de Butanos y Fraccionadora de Gasolina; la separación ocurre por la diferencia en los puntos de ebullición de los componentes de la alimentación.

Luego, estos productos fraccionados son almacenados en tanques con especificaciones especiales, con el objetivo de mantener los productos requeridos para su distribución.

Al momento del LGN ser precalentado a 86 °C, se alimenta a la Despropanizadora. El propano se separa en esta torre como producto tope y los fondos de la torre constituyen la alimentación a la torre Debutanizadora.

Las Bombas de Reflujo de la Despropanizadora succionan del Acumulador de Reflujo, enviando el propano a tratamiento (Tratadores de Propano) y suministrado el reflujo requerido para la operación de la torre.

El propano se trata en tamices moleculares para extraer los contaminantes: Sulfuro de Hidrogeno (H₂S), Sulfuro de Carbonilo



(COS), Mercaptanos (R-SH) y Agua (H₂O). La extracción de azufre es necesaria para reducir la corrosión en las tuberías y equipos; mientras que la extracción de agua se requiere para evitar congelamiento en el área de Almacenamiento Refrigerado, donde la temperatura en las tuberías puede llegar hasta -50 °C.

El tratamiento se lleva a cabo en dos lechos de tamices moleculares por cada tren (uno operando y el otro en regeneración) pasando por los siguiente ciclos: absorción, vaciado, regeneración, enfriamiento y llenado/en espera. Los tamices son empleados como agentes desecante, pudiendo absorbe hasta un 22 % de su propio peso hasta que estos se encuentren prácticamente saturados y no les sea posible alcanzar más la separación deseada; entonces, se desvía el flujo del primer lecho hacia el segundo lecho, hasta que el absorbente saturado sea regenerado.

Cuando una torre esta en ciclo de absorción para absorber la posible impureza que contenga el Propano (agua y compuestos de azufre), la otra parte entra en el ciclo de regeneración de los tamices moleculares. Posterior a este proceso, el propano libre de impurezas es enviado hacia almacenamiento.

Lo más importante de la operación del Sistema de Tratamiento de Propano es prevenir que el propano se contamine con gas combustible, lo que resultaría en un producto fuera de especificación por la alta presión de vapor.

Debido a que la conducción o transporte de fluidos por medio de las tuberías requieren el control del flujo, su regulación, o impedir que se pueda retornar en contra de un determinado sentido



de circulación se utilizan las válvulas, las cuales, intercaladas convenientemente en las tuberías, deben cumplir a cabalidad el fin para cual se las ha elegido.

Estas generalmente vienen clasificadas por clases, (clase I, clase II, clase III, clase IV, clase V y clase VI) a medida que el número de clases aumenta, la hermeticidad es mayor. Mientras más hermético sea, menos es la cantidad de líquido o gas que pasa al otro lado de la válvula.

Las válvulas utilizadas en la planta son Válvulas *Orbit* de control ON-OFF, es decir, o están completamente cerradas o están completamente abiertas. En la Planta de Fraccionamiento, se manejan válvulas KV (válvulas de tiempo). Su cierre es completamente hermético, una vez que se encuentran cerradas no dejan pasar ningún tipo de líquido o gas.

Dichas válvulas, también conocidas como válvulas de bola, son las más conveniente para el proceso, ya que, por su construcción interior, cuando están cerradas producen un cierre hermético, y cuando se abren completamente permiten el máximo paso al fluido, con la mínima pérdida de carga a través de la válvula, ya que en posición abierta, la válvula no solo facilita el paso en línea recta sino que además mantiene la misma área de la tubería a la cual está unida. Si las válvulas no cierran o se sellan completamente, el gas combustible se filtraría al propano líquido o el propano líquido se filtraría al gas combustible, ocasionando una contaminación de ambos.

El problema radica en el cambio de las válvulas o la recuperación de las mismas, ya que estas al manejar un amplio rango de temperatura que oscila entre los $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $288\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocasiona por efecto de dilatación lineal una reducción en los asientos de la válvula, reduciendo de esta forma su total hermeticidad causando el alejamiento de la bola al asiento hasta llegar un punto donde se aleja completamente el sello de la válvula.

También se puede mencionar que las válvulas contenidas en los trenes de fraccionamiento, son válvulas que tiene más de 20 años en operación y su estructura es completamente diferente a las nuevas válvulas que han salido al mercado.

A este tipo de Válvulas (*Orbit*) es recomendable realizarle un mantenimiento mayor cada 5 o 7 años aproximadamente, según el manual del fabricante. El último servicio que se le realizo a las válvulas de los trenes “A” y “B” fue en el año 2011 y el servicio del tren “C” en el año 2005. En ese servicio de mantenimiento se evidenció un desgaste mayor en la bola de la válvula y en los asientos, siendo imprescindible el cambio del kit de la válvula que corresponde la bola, el vástago, terminales, los asientos y el anillo de los asientos, o en algunos casos la compra de la válvula completa.

La recuperación de las Válvulas en los trenes genera un impacto económico en la planta, ya que la mano de obra, los equipos, herramientas, materiales e insumos necesarios para el mantenimiento de las mismas, acarrea una inversión de dinero, siendo necesario tener a la mano un estimado de los gastos que genera el mantenimiento de lo ya mencionado.



La reparación o cambio de las válvulas es un mal necesario, debido a que las torres de fraccionamiento donde están contenidas tienen como finalidad separar el propano líquido de sus contaminantes. De no tomar las medidas para solventar el problema, el funcionamiento de las válvulas será irregular y el producto que estas manejan puede ir fuera de especificación a las áreas de almacenaje o despacho, así como también puede quemarse producto que no deberían ir a quemador.

El estudio se baso en el análisis del comportamiento de los datos históricos, las causas, modos y efectos de fallas que permitieron realizar una evaluación en forma cuantitativa del desarrollo del sistema de mantenimiento de las válvulas de bola tipo Orbit en los tratadores de propano, para luego actualizar el Sistema de Gestión de Mantenimiento existente, con el objeto de mejorar la efectividad de las actividades del mantenimiento, así mismo permitir controlar los recursos financieros, designación de las actividades en forma precisa al personal de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose, PDVSA GAS.

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Optimizar la gestión de mantenimiento de las Válvulas de Bola *Orbit* de los trenes A, B y C” de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose, PDVSA GAS

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual de las válvulas de bola KV tipo *Orbit*, en los tratadores de propano de los trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento y Despacho.
2. Realizar la identificación del funcionamiento, equipo/sistema de la válvula, a través de la observación directa y la revisión del manual de operación y mantenimiento de las válvulas de bola KV tipo *Orbit*
3. Realizar un Análisis de Criticidad a los equipos principales de las válvulas de bola KV tipo *Orbit* y determinar cuáles de estos serán objeto de estudio.
4. Evaluar la estructura del costo actual de las válvulas orbit, el costo generado por contratación de mano de obra directa y su instalación.
5. Identificar las causas predominantes de modos de falla críticos de las válvulas de bola KV tipo *Orbit* a través de un Análisis de Modo y Falla (AMEF).
6. Elaborar un plan de acción para corregir las fallas encontradas.

1.3 Alcance

El proyecto se llevó a cabo en La planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho del Complejo Criogénico de Oriente, en la Gerencia de Fraccionamiento, específicamente en La Superintendencia de Mantenimiento Operacional, que se encarga



de organizar y programar los trabajos de mantenimiento, incluyendo reparaciones mayores a maquinaria hidráulica y neumática, así como pintura y reparaciones a equipos menores.

Se analizaron y estimaron los costos de reparación de las válvulas en los trenes A, B Y C de la planta. Así como también, se analizó las fallas concurrentes de las válvulas mediante un diagnóstico operativo.

1.4 Limitaciones

El tiempo para realizar el estudio completo, evaluar, inspeccionar y analizar los costos de reparación y la falla de las válvulas fue de 16 semanas y un horario de trabajo de 7:00 a.m. – 4:00 p.m.

No se tiene información completa con respecto a los presupuestos generados anteriormente para la reparación de las válvulas y la mano de obra necesaria para llevar a cabo dicho proceso.

1.5 Justificación

En función a la problemática planteada es importante que La Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho del Complejo Criogénico de Oriente, tenga una valoración en cuanto a los costos de reparación de las válvulas de los trenes A, B y C, puesto que sin esto no se puede proceder con un análisis de prioridades y capital para dicha actividad.



La realización de este proyecto le permitirá a la Superintendencia de Mantenimiento Operacional y la Planta de Fraccionamiento y Despacho del Complejo Criogénico de Oriente, en sí; mejorar el Sistema de Gestión de Mantenimiento de las válvulas de bola tipo Orbit (KV), desarrollando una optimización a las actividades del mismo tomando en cuenta todas sus variables, con la finalidad de producir cambios en las responsabilidades y en el sistema.



CAPÍTULO II GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se detallaran las generalidades de la empresa, se señalara brevemente su reseña histórica, se explicara su estructura organizativa y el proceso productivo que está realiza. Igualmente se describirá el área de trabajo donde se llevara a cabo la investigación.

2.1 Descripción de la Planta

La planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho del Complejo Criogénico de Oriente ubicada en el Estado Anzoátegui Inicia sus operaciones en el año 1985. Posee tres trenes de fraccionamiento con cuatro columnas de destilación: despropanizadora, debutanizadora, separadora de butanos y la fraccionadora de gasolina, que junto a las plantas de Extracción San Joaquín, Santa Barbará y Juespin conforma el Complejo Criogénico de Oriente (Ver figura 1).

La planta de fraccionamiento cuenta con las facilidades para fraccionar, almacenar y despachar los líquidos del gas natural que llegan a la misma por medio de poliductos provenientes de las Plantas de Extracción de Santa Barbará y Juespin, y San Joaquín, para obtener propano, pentano, iso-butano, normal butano, gasolina y nafta residual, de gran aplicación en el sector domestico e industrial del país, así como también en el sector petroquímico y para la exportación.

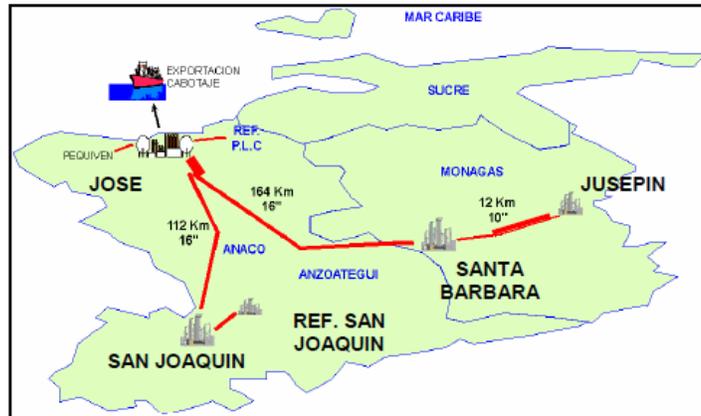


Figura 1 Ubicación del Complejo Criogénico de Oriente
Fuente: CIT Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose.

En la figura 1 se muestra la ubicación nacional del Complejo Criogénico de Oriente, en los estados Anzoátegui y Monagas. Actualmente se encuentra constituido principalmente por tres (3) plantas de extracción y una de fraccionamiento. La planta de Extracción San Joaquín: Ubicada a 12 Km del oeste de la ciudad de Anaco (Edo. Anzoátegui), la misma procesa aproximadamente 1000 millones de pies cúbicos estándar de gas.

La Planta de Extracción Santa Barbará: ubicada a 65 Km de la ciudad de Maturín (Estado Monagas), la misma procesa aproximadamente 840 millones de pies cúbicos estándar diarios de gas natural. La Planta de Extracción Juespin: ubicada en el Estado Monagas la misma procesa 350 millones de pies cúbicos estándar diarios de gas.

La Planta de Fraccionamiento y Despacho del Complejo Criogénico de Oriente, ubicada en la autopista Rómulo Betancourt, entre las poblaciones de Piritu y Barcelona, en el Estado Anzoátegui. Fracciona los líquidos provenientes de las plantas de extracción de San Joaquín, Santa Barbará y



Juespin, la misma además de separar estos líquidos, los almacena y los despacha al mercado nacional e internacional.

Para el producto fraccionado, la planta cuenta con un Terminal Marino de aproximadamente de 2 Km de longitud que despacha mensualmente 35 buques Por otro lado, la planta cuenta con un sistema de llenadero de camiones que pueden atender a mas de 80 unidades al día, para el mercado nacional. Es importante destacar que el personal que labora en todas las plantas del complejo de Jose asciende actualmente los 500.

MISIÓN

Fraccionar, Almacenar y Despachar los Líquidos del Gas Natural en forma segura, oportuna, confiable y en calidad, mediante el uso de tecnología actualizada y de las mejores practica mundiales, con recursos humanos competentes, dentro de un ambiente organizacional favorable en armonía con el medio ambiente, para aportar el máximo valor a la nación.

VISIÓN

Alcanzar niveles mundiales de Excelencia Gerencial y Técnica que valoricen el negocio de los Líquidos del Gas Natural para contribuir en forma sostenida al desarrollo socio-económico del País.

POLÍTICA DE CALIDAD

La Gerencia de Fraccionamiento y Despacho Jose, fundamenta su política de calidad en el compromiso de fraccionar los Líquidos de Gas Natural, almacenarlos y despacharlos de forma oportuna y con la calidad requerida por nuestros clientes, cumpliendo con las exigencias de PDVSA en materia de seguridad industrial, higiene ocupacional y ambiente, estableciendo y permitiendo revisar anualmente los objetivos a alcanzar, así como garantizar la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad y la mejora continua de los procesos



OBJETIVOS DE LA CALIDAD

1. Garantizar el fraccionamiento de los Líquidos de Gas Natural, almacenaje y despacho de los productos obtenidos del proceso, para cumplir con el pronóstico de producción establecido.
2. Entregar los productos y/o servicios oportunamente y con calidad requerida por los clientes.
3. Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad industrial, higiene ocupacional y ambiente que permitan garantizar las condiciones de trabajo adecuadas.
4. Garantizar el cumplimiento de los planes establecidos a través de seguimiento y medición del desempeño de la organización.
5. Contribuir con la permanencia y eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad y la mejora continua de los procesos.

2.2 Descripción del Proceso

Los líquidos de LGN son transportados hacia Jose a través de los poliductos San Joaquín-Jose y Santa Bárbara-Jose. Una vez dentro de los límites de batería de la Planta de fraccionamiento, la alimentación entre las Balas de Almacenamiento de LGN, donde las válvulas de bloqueo manuales en cada línea distribuyen la alimentación de LGN entre uno o ambos conjuntos de balas, conformados por 4 balas cada uno; para un total de 8 balas.

La alimentación se divide simétricamente en dos cabezales principales de 12", uno para las primeras cuatro (4) balas y el segundo para las otras cuatro (4) balas. Estos cabezales se dividen posteriormente en 10" y después en 8" antes de llegar a los Tanques de almacenamiento de LGN. Se requiere de este tipo de distribución simétrica a fin de garantizar que todas las balas reciban líquidos al mismo caudal y que cualquier posible remanente



de agua se distribuya equitativamente en los tanques de almacenamiento; reduciendo así la posibilidad de entrada de agua en los Trenes de Fraccionamiento.

Luego que la alimentación ha pasado por el sistema de precalentamiento, esta llega a la primera torre de fraccionamiento, la despropanizadora. Esta torre opera a una presión de 245 psig y una temperatura de 51 °C en el acumulador de tope. Tiene un diámetro de 12' 6", contiene 50 bandejas y usa un solo rehervido a termosifón horizontal. La alimentación entra a la torre por la bandeja 23. La torre está diseñada para producir propano con 96% mínimo de pureza. El producto propano pasa por el condensador del tope en donde se condensa luego, por medio de bombas una fracción es enviada como reflujo a la torre y el resto es llevado a los tratadores de propano para remover el sulfuro de hidrogeno, sulfuro de carbonilo, mercaptanos y el agua presente. Después del tratamiento, el producto propano va hacia el área de refrigeración (Ver figura 2).

El producto del fondo de la despropanizadora a 125 °C, sale de la torre y después de vaporizarse en una válvula a caudal controlado, se dirige al precalentador de la alimentación de la Debutanizadora donde se vaporizan en aproximadamente un 50,66 % y alimentan la Debutanizadora en la bandeja 19. Los butanos se separan en el tope de esta torre y luego alimentan a la Separadora de Butanos. De flujo lateral de vapor en la bandeja 35 se obtiene pentano con una pureza mínima de 80 %. El producto de fondo es un corte de Gasolina, que requiere posterior destilación en la Fraccionadora de Gasolina. Los vapores se envían a través de una línea de 16" a los intercambiadores-Rehervidores de la Separadora de Butanos y regresan al Acumulador de Reflujo. El pentano se obtiene como flujo lateral de vapor. Estos vapores, a 153 psig y 123 °C se condensan en los condensadores de Pentano Enfriados por aire. El acumulador de Flujo lateral



de Pentano sirve como tambor de compensación y opera a 143 psig. El producto de fondo de la Debutanizadora sale de la torre a control de flujo reajustado por el controlador de nivel y, luego de vaporizarse a aproximadamente 30 psig alimenta a la Fraccionadora de Gasolina.

La alimentación de la separadora de butanos proviene del acumulador de reflujo de la debutanizadora. La torre opera a una presión de 90 psig en el acumulador de reflujo y, según el diseño, la alimentación se encuentra en la bandeja 38. Esta torre consta de 80 bandejas y es la más alta de la planta, y que la columna separa el tope de la debutanizadora en iso-butano y normal butano que son isómeros y tienen parecidos puntos de ebullición.

La separadora de butanos fue diseñada para obtener un producto iso-butano de una pureza mínima de 96 % y un producto normal butano de 95 % de pureza.

La fraccionadora de gasolina es la última torre y la más pequeña de la planta de fraccionamiento, su objetivo es obtener gasolina, minimizando la producción del corte de componentes más pesados. El producto de fondo de la debutanizadora es alimentado en la bandeja 13 a la fraccionadora de gasolina. Del fondo de esta columna obtiene un producto residual y en el tope se obtiene gasolina natural. Esta torre un diámetro de 16 °C y está provista de 18 bandejas.

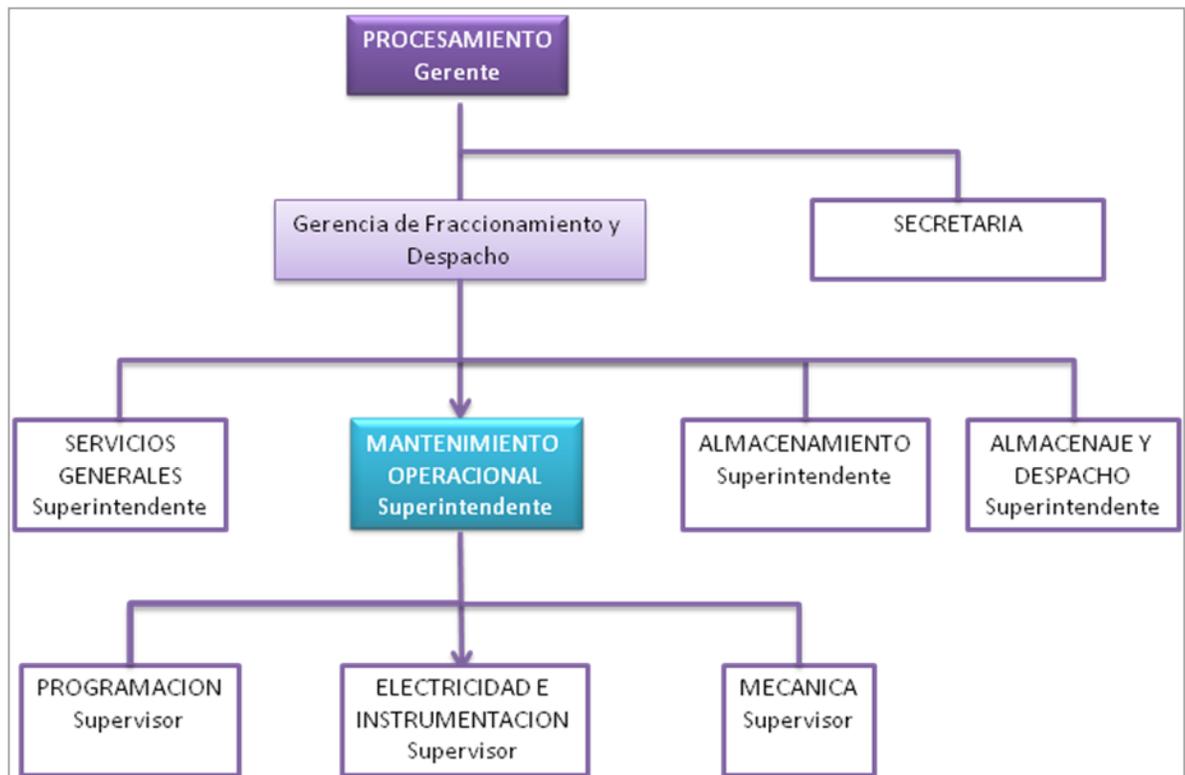


Figura 3 Organigrama de la Gerencia de Fraccionamiento y Despacho Jose

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3 se observa el organigrama de la Gerencia de Fraccionamiento y Despacho Jose donde se elaborara el siguiente proyecto, específicamente en el área de Mantenimiento Operacional.

2.4 Área de Trabajo

La superintendencia de Mantenimiento Operacional depende y reporta directamente a la Gerencia de Fraccionamiento. Se encarga de supervisar, mantener y mejorar todas las áreas específicas asignadas, disponiendo de tres secciones de trabajo altamente calificadas: Sección de Planificación y Programación, Sección de Mecánica y Sección de Electricidad e Instrumentación.



La Sección de Planificación y Programación consta de dos unidades, la Unidad de Programación de Áreas, encargada de organizar y programar los trabajos de mantenimiento, y la Unidad de Mantenimiento Predicativo.

La Sección de Mecánica se encarga de trabajos mecánicos en general, incluyendo reparaciones mayores a maquinas hidráulicas y neumáticas, así como pintura y reparaciones a equipos menores.

La Sección de Electricidad e Instrumentación se encarga de todo el mantenimiento eléctrico, área de control e instrumentación de la planta.



CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de este capítulo se mostrara las bases teóricas necesarias que se utilizaran para realizar el análisis de costos de las reparaciones de las válvulas KV tipo *Orbit* de los tratadores de propano de los trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, Estado Anzoátegui.

3.1 Teoría de Costos

El costo es una medida en términos monetarios, de la cantidad de recursos que se usan para un propósito dado. Si se tienen varios renglones de costos, estos pueden dividirse en dos (2) categorías: costos directos e indirectos. El costo total de un renglón dado será la suma de su costo directo mas la fracción aplicable de los costos indirectos. Es decir:

$$\text{COSTO TOTAL} = \text{Costo Directo} + \% \text{Costo Indirecto}$$

3.2 Principios generales del costo de mantenimiento

En este punto se describirán en forma más amplia y como estén representados los costos de mantenimiento en costos directos e indirectos

3.1.1 Costos Directos

Representan los costos tangibles del mantenimiento, son los costos derivados de la actividad normal de la función. Los que física y económicamente pueden identificarse con algún trabajo o centro de costos. Estos costos están representados principalmente por los siguientes departamentos: Mano de obra directa, repuestos y materiales, herramientas y maquinarias, personal administrativo, personal de dirección y supervisión, actualización de personal, material de oficina, contratación.



COSTO DIRECTO: Materiales + Equipos + Mano de Obra

Estos costos representan una cantidad de costos fijos e invariables, dichos costos no pueden reducirse, ya que simbolizan el costo de mantenimiento en si, no son costos ocasionados por el mantenimiento-

3.1.2 Costos indirectos

Son aquellos costos intangibles representados por la inversión de capital y los intereses que sobre los mismos se dejan de percibir, y por pérdidas debidas a paradas de maquinas no contempladas dentro de las operaciones de la empresa, o como rechazo de productos por parte del control de calidad como consecuencia de maquina en mal estado. (Costos indirectos de fabricación: sueldo del gerente de planta, alquileres, energía, intereses sobre capital invertido en partes y repuestos, costos por obsolescencias: partes y repuestos que son almacenados y nunca usados, intereses sobre el capital invertido por equipo adicional que permita la producción continua, costo por obsolescencia del equipo adicional)

3.1.3 Costos de Mantenimiento

La atención debe estar dirigida y concentrada a los costos variables controlables ya que se encuentran influenciados por los costos asociados con el mantenimiento de plantas y equipos. Los costos de mantenimiento representan aproximadamente el 33% de los costos de operación, sin embargo, lo que es más, la función de mantenimiento contribuye con aproximadamente el 70% de los costos variables de producción; se refiere a los costos tangibles como consecuencia de la operación de una planta o sistema.

3.2 Elementos del Costo

En una estructura de costo se contemplan tres elementos principales, Materiales directos, Mano de obra directa y Costos indirectos de fabricación los cuales determinan el costo de producción de un bien o servicio.

Siendo los costos de materiales directos los que pueden ser identificados en cada unidad de producción. En algunos casos, los costos de materiales directos son los que pueden ser atribuidos a un área en específica.

Los costos de mano de obra directa se refieren a los salarios pagados a los trabajadores por la labor realizada en una unidad de producción determinada o en algunos casos efectuados en un departamento específico.

El tercer elemento agrupa todos, los costos de carga fabril o costos indirectos de fabricación, algunas veces denominados gastos generales de fabricación, y que se definen como los costos no directos de la fábrica que no pueden ser atribuidos al proceso, o en algunos casos a departamentos o procesos específicos.

3.2.1 Sistemas de costos

Un Sistema de Costos es un conjunto de procedimientos y técnicas para calcular el costo de las distintas actividades, y para ello definimos lo siguiente:

Los Sistemas de Costos se clasifican de la siguiente manera:

1. SEGÚN LA FORMA DE PRODUCIR.

Según la forma de cómo se elabora un producto o se presta un servicio, los costos pueden ser:

- **Costos Por Órdenes.** Se utilizan en aquellas empresas que operan sobre pedidos especiales de clientes, en donde se

conoce el destinatario de los bienes o servicios y por lo general él es quien define las características del producto y los costos se acumulan por lotes de pedido. Normalmente, la demanda antecede a la oferta, y por lo tanto a su elaboración. Por ejemplo, la ebanistería, la sastrería, la ornamentación, etc.

- **Costos Por Procesos.** Se utiliza en aquellas empresas que producen en serie y en forma continua, donde los costos se acumulan por departamentos, son costos promedios, la oferta antecede a la demanda y se acumulan existencias. Por ejemplo, empresas de: gaseosas, cervezas, telas, etc.
- **Costos Por Ensamble.** Es utilizado por aquellas empresas cuya función es armar un producto con base en unas piezas que lo conforman, sin hacerle transformación alguna. Por ejemplo, ensamblaje de automóviles, de bicicletas, etc.

2. SEGÚN LA FECHA DE CÁLCULO.

Los costos de un producto o un servicio, según la época en que se calculan o determinan, pueden ser:

- **Costos Históricos.** Llamados también reales, son aquellos en los que primero se produce el bien o se presta el servicio y posteriormente se calculan o determinan los costos. Los costos del producto o servicio se conocen al final del período.
- **Costos Predeterminados.** Son aquellos en los que primero se determinan los costos y luego se realiza la producción o la prestación del servicio. Se clasifican en Costos Estimados y Costos Estándares.
- **Costos Estimados.** Son los que se calculan sobre una base experimental antes de producirse el artículo o prestarse el servicio, y tienen como finalidad pronosticar, en forma aproximada, lo que

puede costar un producto para efectos de cotización. No tienen base científica y por lo tanto al finalizar la producción se obtendrán diferencias grandes que muestran la sobre aplicación o sub aplicación del costo, que es necesario corregir para ajustarlo a la realidad. Los costos de un artículo o servicio se conocen al final del período.

- **Costos Estándares.** Se calculan sobre bases técnicas para cada uno de los tres elementos del costo, para determinar lo que el producto debe costar en condiciones de eficiencia normal. Su objetivo es el control de la eficiencia operativa. Los costos de un artículo o servicio se conocen antes de iniciar el período.

3. SEGÚN MÉTODO DE COSTO.

Los costos, según la metodología que utilice la empresa para valorizar un producto o servicio, pueden clasificarse así:

- **Costo Real.** Es aquel en el cual los tres elementos del costo (costos de materiales, costos de mano de obra y costos indirectos de fabricación) se registran a valor real, tanto en el débito como en el crédito.

Este método de contabilización presenta inconvenientes, ya que para determinar el costo de un producto habría que esperar hasta el cierre del ejercicio para establecer las partidas reales después de haberse efectuado los ajustes necesarios.

- **Costo Normal.** Es aquel en el cual los costos de materiales y mano de obra se registran al real y los costos indirectos de fabricación con base en los presupuestos de la empresa. Al finalizar la producción, habrá que hacer una comparación de los costos indirectos de fabricación cargados al producto mediante los presupuestos y los costos realmente incurridos en la producción, para determinar la variación, la cual se cancela contra el costo de ventas.

Este método de costo surge por los inconvenientes que se presentan en el costeo real.

La principal desventaja del costo normal es que si los presupuestos de la empresa no han sido establecidos en forma seria, los costos del producto quedarían mal calculados.

- **Costo Estándar.** Consiste en registrar los tres elementos (costo de materiales, costo de mano de obra y costos indirectos de fabricación) con base en unos valores que sirven de patrón o modelo para la producción.

Este método de costo surge, debido a que se hizo la consideración de que si los costos indirectos de fabricación se podían contabilizar con base en los presupuestos, siendo un elemento difícil en su tratamiento, ¿Por qué no se podía hacer lo mismo con los materiales y la mano de obra? Se podría decir que el costo normal fue el precursor del costo estándar.

4. SEGÚN TRATAMIENTO DE LOS COSTOS INDIRECTOS.

El costo de un producto o de un servicio prestado puede valorarse dependiendo del tratamiento que se le den a los costos fijos dentro del proceso productivo. Se clasifica así:

- **Costo Por Absorción.** Es aquel en donde tanto los costos variables y fijos entran a formar parte del costo del producto y del servicio.
- **Costo Directo.** Llamado también variable o marginal, es aquel en donde los costos variables únicamente forman parte del costo del producto. Los costos fijos se llevan como gastos de fabricación del período, afectando al respectivo ejercicio.
- **Costo Basado En Las Actividades.** Es aquel en donde las diferentes actividades para fabricar un producto consumen los recursos indirectos de producción y los productos consumen



actividades, teniendo en cuenta unos inductores de costos para distribuirlos.

3.3 Válvulas de Control

Es un elemento final de control utilizado en instrumentación para el control del flujo, presión o temperatura de líquidos o gases procesos industriales; la válvula de control difiere de otros tipos de válvulas que con que ésta tiene un mecanismo de actuación que permite el movimiento del elemento de cierre en función de una señal de entrada.

Las válvulas de control se describen como las encargadas de regular el caudal del flujo de control que modifica a su vez el valor de la variable medida y por lo tanto variable controlada comportándose como un orificio de área continuamente variable

Una Válvula de control típica está formada por dos partes principales: el actuador y el cuerpo de la válvula.

En este mismo orden podríamos mencionar que el cuerpo es el alojamiento de las partes internas de la válvula (Asiento-Obturador) que están en contacto con el fluido, por lo tanto debe ser de material adecuado para resistir altas temperaturas y presiones del fluido sin pérdidas, tener un tamaño adecuado al caudal que se debe controlar y ser resistente a la erosión o corrosión producidas por el fluido.

El tapón, el asiento y el vástago conforman lo que se denomina partes internas del cuerpo de la válvula, las cuales están expuestas y en contacto con el fluido del proceso.

La tapa de la válvula permite la unión del cuerpo con el actuador y a su vez desliza al vástago del obturador. Este vástago, dispone generalmente de un índice que señala la posición de apertura y cierre de la válvula.

La empaquetadura, esta se usa para que el fluido no se escape a través de la tapa; se dispone entre la tapa y el vástago. Para temperaturas superiores a 200 °C se le adicionan a la caja unas aletas de radiación.

Las empaquetaduras que se utilizan normalmente es la de teflón cuya temperatura máxima de servicio es de 200 °C, su forma suele ser de aro. de sección en V, tiene como ventaja que el material es auto lubricante y no necesita engrase. Debe señalarse que las partes internas de las válvulas de control se consideran generalmente las piezas metálicas internas desmontables que están en contacto directo con el fluido, Estas piezas son: el vástago, la empaquetadura, los anillos de guía del vástago, el obturador y el asiento.

Los obturadores o tapones de las válvulas de control pueden ser de diferentes formas geométricas, cada uno con una relación característica entre la fracción de abertura de la válvula y el flujo a través de ella. Esta relación se denota como característica del flujo; también se describe como un dispositivo que mueve el vástago de la válvula, puede ser neumático, eléctricos, hidráulicos y digitales; generalmente se presentan neumáticos por ser simples, de acción rápida y tener gran capacidad de esfuerzo.

En cuanto al posicionador, este se considera como el accesorio para la válvula cuyo objetivo es compensar las fuerzas que actúan en la válvula y que influyen en la posición del vástago.

Estas fuerzas en los actuadores neumáticos son esencialmente las siguientes:

- Fuerza de rozamiento del vástago al deslizarse a través de la empaquetadura
- Fuerza estática del fluido sobre el actuador creada por la presión diferencial del fluido.

El posicionador está acoplado mecánicamente al vástago a través de una leva, de tal forma que el movimiento de este es realimentado en el posicionador y comparado con la señal de entrada, utilizando normalmente el equilibrio de fuerzas.

Las condiciones de funcionamiento de las válvulas de control tal como lo señala Richard W. Greene, suelen ser del mismo o de un tamaño menor que el tubo de corriente arriba, pero nunca más grande. Las válvulas de control son de menor diámetro que el tubo cuando hay que absorber grandes diferencias de presión.

Las válvulas de control pueden funcionar en una amplia gama de capacidades y presiones diferenciales. Los volúmenes de flujo y condiciones del proceso suelen estar bien determinados para establecer el tamaño de la tubería y componentes.

3.4 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial



- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

3.5.1 Requerimientos Del AMEF

Para hacer un AMEF se requiere lo siguiente:

- Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
- Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
- Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.
- Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
- Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
- Formas de AMEF (en papel o electrónicas) y una lista de consideraciones especiales que se apliquen al producto.

3.5.2 Beneficios Del AMEF

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona

con la satisfacción del cliente con el producto y con sus percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos. Por otro lado, el AMEF apoya y refuerza el proceso de diseño ya que:

- Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño
- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas
- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de leve protección
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias
- Proporciona un punto de visto fresco en la comprensión de las funciones de un sistema

3.6 Diagrama Causa-Efecto

El diagrama causa-efecto es una herramienta de análisis que nos permite obtener un cuadro, detallado y de fácil visualización, de las diversas causas que pueden originar un determinado efecto o problema. Suele aplicarse a la investigación de las causas de un problema, mediante la

incorporación de opiniones de un grupo de personas directa o indirectamente relacionadas con el mismo. Por ello, está considerada como una de las 7 herramientas básicas de la calidad, siendo una de las más utilizadas, sencillas y que ofrecen mejores resultados. El diagrama causa-efecto se conoce también con el nombre de su creador, el profesor japonés Kaoru Ishikawa (diagrama de Ishikawa), o como el “diagrama de espina de pescado”.

Debe quedar claro que el diagrama causa-efecto no es una herramienta para resolver un problema, sino únicamente explicarlo, esto es, analizar sus causas (paso previo obligado si queremos realmente corregirlo). Es una herramienta muy interesante para analizar todo tipo de problemas producidos en los procesos de producción o de servicio.

Pasos Para Construir Un Diagrama Causa-Efecto

1. Identificar El Problema

Identificar y definir con exactitud el problema, fenómeno, evento o situación que se quiera analizar. Éste debe plantearse de manera específica y concreta para que el análisis de las causas se oriente correctamente y se eviten confusiones.

Los Diagramas Causa-Efecto permiten analizar problemas o fenómenos propios de diversas áreas del conocimiento. Algunos ejemplos podrían ser: la falta participación de los alumnos del grado 9-A en las votaciones estudiantiles, la extinción de los dinosaurios, el establecimiento del Frente Nacional en Colombia, la migración de las aves, entre otros.

Una vez el problema se delimite correctamente, debe escribirse con una frase corta y sencilla, en el recuadro principal o cabeza del pescado

2. Identificar Las Principales Categorías Dentro De Las Cuales Pueden Clasificarse Las Causas Del Problema.

Para identificar categorías en un diagrama Causa-Efecto, es necesario definir los factores o agentes generales que dan origen a la situación, evento, fenómeno o problema que se quiere analizar y que hacen que se presente de una manera determinada. Se asume que todas las causas del problema que se identifiquen, pueden clasificarse dentro de una u otra categoría. Generalmente, la mejor estrategia para identificar la mayor cantidad de categorías posibles, es realizar una lluvia de ideas con los estudiantes o con el equipo de trabajo. Cada categoría que se identifique debe ubicarse independientemente en una de las espinas principales del pescado.

3. identificar las causas

Mediante una lluvia de ideas y teniendo en cuenta las categorías encontradas, identifique las causas del problema. Éstas son por lo regular, aspectos específicos de cada una de las categorías que, al estar presentes de una u otra manera, generan el problema.

Las causas que se identifiquen se deben ubicar en las espinas, que confluyen en las espinas principales del pescado. Si una o más de las causas identificadas son muy complejos, ésta puede descomponerse en subcausas. Éstas últimas se ubican en nuevas espinas, espinas menores, que a su vez confluyen en la espina correspondiente de la causa principal.

También puede ocurrir que al realizar la lluvia de ideas resulte una causa del problema que no pueda clasificarse en ninguna de las categorías previamente identificadas. En este caso, es necesario generar una nueva categoría e identificar otras posibles causas del problema relacionadas con ésta.

4. Analizar Y Discutir El Diagrama

Cuando el Diagrama ya esté finalizado, los estudiantes pueden discutirlo, analizarlo y, si se requiere, realizarle modificaciones. La discusión debe estar dirigida a identificar la(s) causa(s) más probable(s), y a generar, si es necesario, posibles planes de acción.

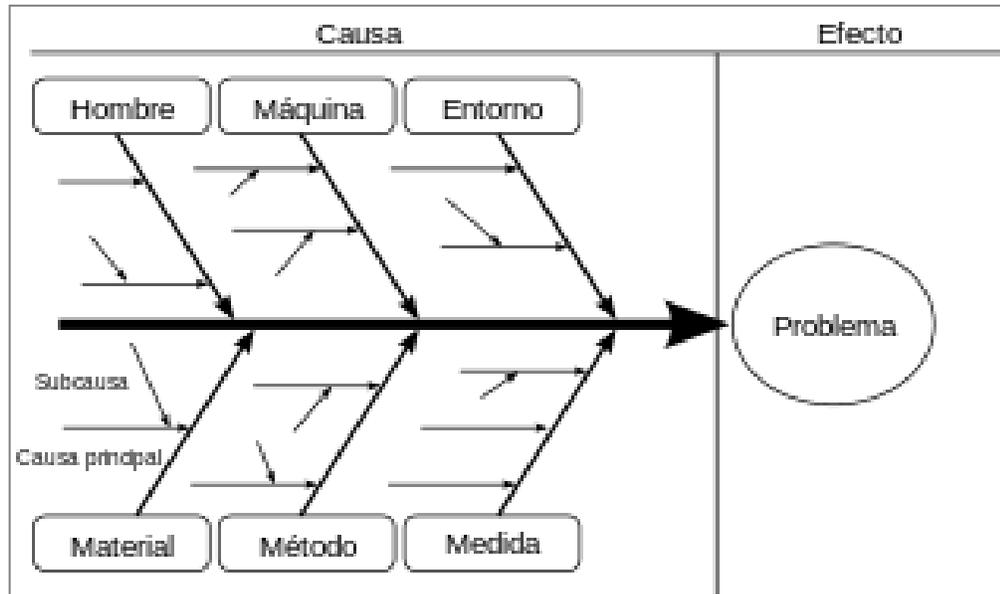


Figura 4 Diagrama Causa-Efecto
Fuente: Internet

3.7 Análisis de Criticidad

Es una metodología empleada para jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, de acuerdo a su impacto al negocio, con el fin de facilitar la toma de decisiones, con respecto a la asignación de recursos (económicos, humanos y técnicos), está basada en la teoría del riesgo, donde la criticidad es igual a la frecuencia de la falla por las consecuencias asociadas a la misma. (Parra, 2007)

La criticidad se representa por la siguiente ecuación:

Riesgo = Frecuencia x Consecuencia

Ecuación 1 Ecuación de Criticidad

Donde:

- Frecuencia = Numero de eventos o fallas en un equipo determinado
- Consecuencia = Es el total de los impactos relacionados con la producción, seguridad, ambiente, mantenimiento, entre otros, cuando se presenta la falla.

En este sentido, para realizar un análisis de criticidad es necesario considera los siguientes aspectos (Parra y Crespo, 2012):

- Definir un alcance y propósito para el análisis de criticidad
- Establecer criterios (atributos) de importancia
- Seleccionar o desarrollar un método de evaluación para jerarquizar los sistemas seleccionados.

Con respecto a los criterios de importancia a ser considerados, estos dependen básicamente del objetivo principal del proceso de jerarquización y del entorno organizacional y operacional. Entre los criterios más utilizados en los procesos de criticidad se encuentran: Seguridad, ambiente, producción, costo de operaciones, costos de mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempo promedio para reparar.

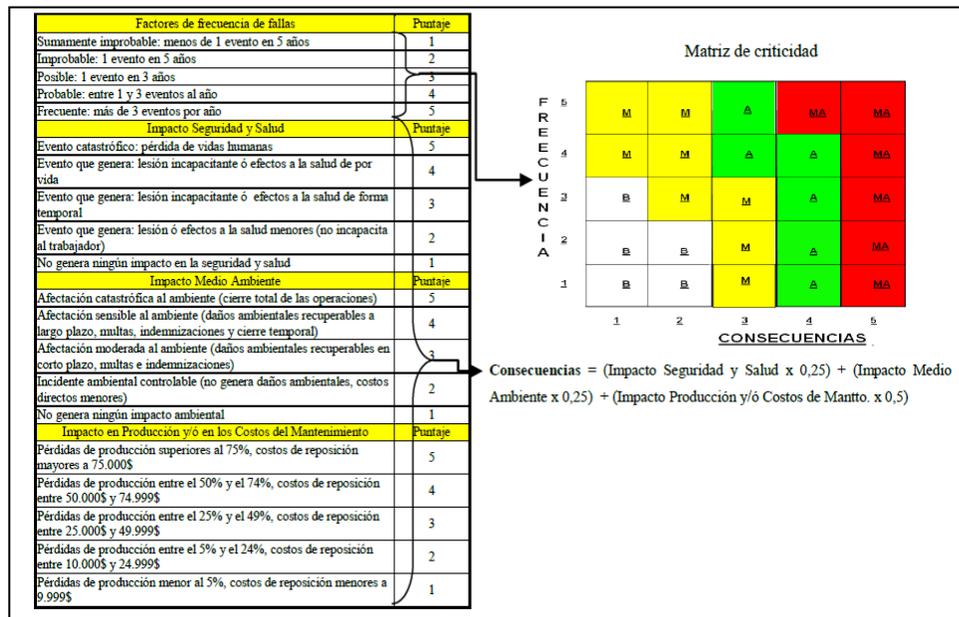


Figura 5 Guía y Matriz de Criticidad

Fuente: Internet

3.6 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

"El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

En otras palabras: un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales.

Es por lo enunciado en los párrafos anteriores que al Diagrama de Pareto también se le conoce también como regla 80 - 20 o también por "muchos triviales y pocos vitales" o por la curva C-A-B.

El diagrama de Pareto es un caso particular del gráfico de barras, en el que las barras que representan los factores correspondientes a una magnitud cualquiera están ordenados de mayor a menor (en orden descendente) y de izquierda a derecha.

Este principio empírico que se presenta en todos los ámbitos de la vida como el económico (la mayor parte de la riqueza está concentrada en unas pocas personas), el geográfico (la mayoría de la población vive en una pequeña parte del territorio), etc., se aplica al análisis de problemas entendiendo que existen unos pocos factores (o causas) que originan la mayor parte de un problema.

Concretamente este tipo de diagrama, es utilizado básicamente para:

- Conocer cuál es el factor o factores más importantes en un problema.
- Determinar las causas raíz del problema.
- Decidir el objetivo de mejora y los elementos que se deben mejorar.
- Conocer se ha conseguido el efecto deseado (por comparación con los Paretos iniciales).

Modo de aplicación del diagrama de Pareto

Con objeto de realizar correctamente un diagrama de Pareto hemos de realizar los siguientes pasos:

- Recolectar o recoger datos y clasificarlos por categorías
- Ordenar las categorías de mayor a menor indicando el número de veces que se ha producido.
- Calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada categoría, el acumulado se calcula sumando los porcentajes anteriores a la categoría seleccionada.

- Construcción del diagrama en función de los datos obtenidos anteriormente.

Generación del diagrama de Pareto

El diagrama es gráfico que contiene las categorías en el eje horizontal y dos ejes verticales, el de la izquierda con una escala proporcional a la magnitud medida (valor total de los datos) y el de la derecha con una escala porcentual del mismo tamaño.

Se colocan las barras de mayor a menor y de izquierda a derecha, pero poniendo en último lugar la barra correspondiente a otros (aunque no sea la menor).

Se marcan en el gráfico con un punto cada uno de los porcentajes acumulados (los puntos se pueden situar en el centro de cada una de las categorías o en la zona dónde se juntan una con otra) y se unen los puntos mediante líneas rectas.

Se separan (por medio de una línea recta discontinua, por ejemplo) las pocas categorías que contribuyen a la mayor parte del problema. Esto se hará en el punto en el que el porcentaje acumulado sume entre el 70% y el 90% del total (generalmente en este punto la recta sufre un cambio importante de inclinación).

3.8 Glosario de Términos

- **Válvula:** aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.
- **Actuador:** el actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos

primeros, por ser las más sencillas y de rápida actuaciones. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte. Lo que se busca en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición determinada del vástago. Teniendo en cuenta que la gama usual de presión es de 3 a 15 lbs/pulg² en la mayoría de los actuadores se selecciona el área del diafragma y la constante del resorte de tal manera que un cambio de presión de 12 lbs/pulg², produzca un desplazamiento del vástago igual al 100% del total de la carrera.

- **Cuerpo de la válvula:** este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.
- **Válvula de bola o esfera:** es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada. Se abre mediante el giro del eje unido a la esfera o bola perforada, de tal forma que permite el paso del fluido cuando está alineada la perforación con la entrada y la salida de la válvula. Cuando la válvula está cerrada, el agujero estará perpendicular a la entrada y a la salida.

- **Flujo:** Es la cantidad de fluido que pasa a través de la sección por unidad de tiempo.
- **Gas Natural:** Es una mezcla gaseosa en condiciones normales de presión y temperatura. No tiene olor ni color, y por lo general se encuentra en forma natural mezclado con otros hidrocarburos fósiles. Al momento de su extracción el gas natural contiene impurezas como nitrógeno, agua, sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono que tienen que ser removidas antes de su transporte y comercialización.

Originalmente el gas natural comercial está compuesto de un 95% o más de metano y 5% restante de una mezcla de etano, propano y otros componentes más pesados. Al referirse al gas natural, es pertinente distinguir tres términos que suelen emplearse para referirse al mismo, estos son: GNL, GLP y LGN.

- **Gas natural licuado (GNL):** es gas metano en estado líquido. Para licuar este hidrocarburo, se requieren temperaturas bajas, aproximadamente $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. el transporte de GNL se efectúa en buques llamados metaneros, los cuales son acondicionados para mantener esta temperatura.
- **Gas licuado del petróleo (GLP):** es una mezcla en proporción variable de propano y butano. Es gaseoso a temperatura ambiente y presión atmosférica, se puede licuar bajo presión o a presión atmosférica si se enfría hasta $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$. El GLP se almacena y se transporta de forma líquida.



- **LGN (Líquido de Gas Natural):** representa el producto principal de las plantas de extracción de líquido de gas natural. El LGN es una mezcla de hidrocarburos constituida por propano, butano, gasolina natural y nafta residual.

CAPITULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

Seguidamente, se expondrán los aspectos referidos a la metodología que se utilizara para el desarrollo del estudio, indicando el tipo de estudio, las unidades de análisis (población y muestra), los instrumentos que se utilizaran y finalmente se especificara el procedimiento metodológico que se empleara.

4.1 Tipo de Investigación

1. Según su finalidad

- **Descriptivo y Explicativo:** Debido a que esta se encargo de caracterizar los hechos y el porqué de ellos, en el cual se describirá lo que ocurre con las válvulas en los trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose.

2. Según el nivel de profundidad y amplitud de las variables estudiadas

- **Evaluativa:** Donde se diseño, y ejecuto un análisis de costos para la reparación o compra de las válvulas.

3. Según el lugar donde se realizara la investigación

- **De Campo:** Se observo la problemática en su ambiente natural permitiendo estudiar los diferentes factores que acarrear la situación.

4. Según la fuente de datos que utilizara el investigador

- **Secundarias:** Se basaron en datos recogidos por personas distintas al investigador para otros fines.
- **Entrevistas:** Los datos de investigación procedieron de manifestaciones verbales y escritas por el personal que labora en las áreas involucradas con las válvulas.

4.2 Población y Muestra

La población, para el desarrollo de la investigación estará conformada por treinta y seis (36) válvulas *Orbit* distribuidas en los trenes A, B y C de la planta. “Una población es un todo y una muestra es una fracción o segmento de ese todo” (Levin y Rubín, 1996, p.14)

Existe un total de (36) válvulas por cada tren, de las cuales solo se tomaron como muestra veintiún (21) de estas válvulas, del Tren C de fraccionamiento, ya que las válvulas contenidas en los tratadores del mencionado tren, son las que presentan más fallas a la hora de realizar sus operaciones, ameritando de esta forma un cambio de sus equipos o cambio completo de las mismas.

4.3 Instrumentos de Recolección de Datos

- **Observación Directa:** Se estudio la situación actual de las válvulas en el área de trabajo, que nos permitirá comprobar, verificar, identificar y captar de manera física el proceso al que se someterá el estudio.

- **Entrevistas no estructuradas:** Se recopiló información mediante la opinión de los expertos en la materia, que llevan años de experiencia en el trabajo con las válvulas Orbit, y en el tema de análisis de cotos y precios unitarios, como lo son los analistas de personal obteniendo resultados certificados por los mismos.
- **Paquetes Computarizados:** Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, inventor.
- **Técnicas y Herramientas de Ingeniería Industrial:** Herramientas de Planificación y Control de Mantenimiento, Calidad, Análisis de Criticidad y conocimientos en el área Mecánica, entre otras.

4.4 Recursos Físicos

- Libretas
- Calculadora
- Grabadora
- Lápices y lapiceros
- Computador

4.5 Equipos de Protección Personal

- Braga
- Casco de seguridad
- Botas de seguridad
- Lentes de seguridad
- Mascarilla respiratoria

4.6 Procedimiento Metodológico

1. **Se diagnosticó la situación actual de las válvulas Orbit de los trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose,** mediante entrevistas, observación directa, contenidos bibliográficos y antecedentes para determinar las necesidades que presenta cada válvula y tomarlas en cuenta al realizar el análisis enfocándose en resolver los inconvenientes que estas presentan. Con la finalidad de conocer las necesidades que presentan las mismas y obtener información precisa sobre sus antecedentes.
2. **Se realizó la identificación del equipo/sistema a través de la observación directa y la revisión del manual de operación y mantenimiento de las válvulas de bola KV tipo *Orbit*.** Se realizara una revisión y análisis a la forma en que operan las válvulas KV en los tratadores de propano tomado como fuente de la Sala de Operaciones y Mantenimiento Operacional de la Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose. Luego se observara la disponibilidad y la confiabilidad de estas, así como también la criticidad de sus equipos, para finalmente buscar las causas y soluciones que producen la mala gestión en el proceso.
3. **Se evaluó la estructura del costo actual de las válvulas orbit, el costo generado por contratación de mano de obra directa y su instalación.** Se elaboró y aplicaron los instrumentos de recolección de datos que deben ser aplicados a los entes encargados de la compra y venta de Válvulas de Bola Orbit y al personal encargado de determinar los costos, con preguntas destinadas a recolectar información que

permitan identificar las características del servicio que presta dichas válvulas, con el objeto de establecer los elementos del costo.

4. **Se determinaron las funciones de las válvulas de bola KV tipo *Orbit*, para la obtención del levantamiento de información técnica a través de datos históricos.** Se le aplicó un estudio piloto a varias válvulas contenidas en los tratadores, como paso previo para su optimización.
5. **Identificar las causas predominantes de modos de falla críticos de las válvulas de bola KV tipo *Orbit* a través de un Análisis de Modo y Efecto de Falla.** Se priorizaron las acciones encaminadas a minimizarlas o eliminarlas mediante una metodología simple y sistemática que abordara problemas, preocupaciones, desafíos, errores y fallas con el fin de buscar respuestas para su mejora.
6. **Elaborar un plan de acción para corregir las fallas encontradas.** Los métodos para el análisis de los datos serán: Diagrama de Pareto, Diagrama Causa-Efecto y Análisis Causa-Raíz; instrumentos que se utilizaran para obtener algunas posibles causas de las fallas y los defectos más resaltantes en el transcurso de los años y de esta manera plantear las posibles soluciones o disminuir los defectos en las válvulas KV mejorando el proceso.



CAPITULO V SITUACIÓN ACTUAL

En el presente capítulo se muestran los aspectos referentes a la situación actual de las válvulas KV tipo *Orbit* de la planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho Jose.

5.1 Situación Actual De La Gestión De Mantenimiento En Las Válvulas KV De Los Tratadores De Propano De Los Trenes A, B Y C De La Planta De Fraccionamiento, Almacenaje Y Despacho Jose.

La Planta de Fraccionamiento y Despacho Jose, se encuentra ubicada en el Complejo Industrial Petrolero y Petroquímico Jose Antonio Anzoátegui – carretera nacional Barcelona – Puerto Piritu, Edo. Anzoátegui.

Esta planta posee actualmente cuatro trenes de procesos (A, B, C y D) cada uno con una capacidad de diseño de 50 MBD, de esto cuatro trenes solo se tomo como análisis los primeros tres: A, B y C, los cuales separan los líquidos del gas natural (LGN) provenientes de las plantas de Extracción: San Joaquín, Santa Bárbara y Juespin, en productos de mayor valor comercial: propano, i-butano, n-butano, pentano gasolina natural y nafta residual; esta instalación se encuentra dividida en áreas identificadas de la siguiente manera:

- Facilidades de entrada de LGN (440)
- Tren “A” (250)
- Tren “B” (260)
- Tren “C” (100)
- Tren “D” (200)



- Almacenaje y refrigeración (380)
- Muelle (590)
- Sistemas auxiliares: Aire de instrumentos, aire de servicio, aceite caliente, agua, entre otros. (270)

Las válvulas en cuestión se encuentran ubicadas en los tratadores de propanos de los trenes de fraccionamiento, las cuales requieren de un mantenimiento mayor cada 5 años como máximo, según el catálogo del fabricante, ya que estas válvulas muy pocas veces presentan fallas y/o averías. Pero para realizar este tipo de mantenimiento, los trenes de fraccionamiento deben detener su proceso de producción a fin de recibir el mantenimiento mayor, que involucra la inspección, reparación y reemplazo de equipos que solo pueden ser intervenidos deteniendo parcial o totalmente las operaciones del tren.

Para determinar cuándo y cuanto tiempo debe generarse una parada de tren, se cuenta con un plan de Mantenimiento Mayor 2010-2021 en donde se programan paradas para los trenes de proceso de las plantas del Complejo Criogénico Oriente; tomando como premisa la frecuencia de inspección de equipos de fuego directo o la frecuencia de reemplazo de materiales operacionales, el objetivo principal de la ejecución de estos mantenimientos mayores es restablecer la eficiencia operacional, garantizar la integridad mecánica de los equipos e incrementar la disponibilidad y confiabilidad de los activos que la conforman.

El Tren "A" de fraccionamiento detuvo sus operaciones para Julio del 2013 donde recibió un mantenimiento mayor de sus equipos. En el cual se realizaron las siguientes actividades: Mantenimiento e inspección a Torres Fraccionadoras (4), Tambores de Reflujo (2), Tambores Acumuladores (2), tambor separador (1), intercambiadores de calor carcasa tubo (6), Horno



de aceite caliente (1); Reemplazo de haces tubulares en intercambiadores tubo carcaza (4), Mantenimiento y calibración de (29) válvulas PSV, Calibración y reemplazo de (4) válvulas PSV. En lo que respecta a las válvulas KV de los tratadores de propano no se le re realizó ningún tipo de mantenimiento, reemplazo o cambio de sus interiores, ya que las válvulas han venido funcionando correctamente desde su último mantenimiento.

En el Tren “B” de fraccionamiento se le realizó su último mantenimiento en el año 2011, pautado para el año 2007, donde se realizaron las siguientes actividades: se ejecutó el mantenimiento e inspección de dos (2) equipos estáticos, reemplazo de lechos de tamices moleculares en los tratadores de propano, reemplazo de nueve (9) haces tubulares en intercambiadores tipo fin fan cooler, mantenimiento y calibración a dieciocho (18) válvulas de seguridad (PSV), mantenimiento y calibración de siete (7) válvulas KV asociadas a los tamices moleculares, Aplicación de pintura a 200 m. de tuberías de 6” asociada a la línea de gas de regeneración.

Es importante resaltar que luego de ejecutado el mantenimiento mayor fueron restablecidas las condiciones operacionales del tren, permitiendo el fraccionamiento de aproximadamente 41 MBD, el cuál es volumen que actualmente procesa.

En cuanto al Tren “C” de fraccionamiento, este no recibe un mantenimiento de las válvulas KV tipo Orbit de los tratadores de propano, desde el año 2005. Siendo el tren donde concurren mayormente las fallas de operaciones en los tratadores de propano. Ya que, al no recibir el mantenimiento adecuado que este amerita, las válvulas presentan obturación de sus ejes, rotura de la bola, rotura del cuerpo de la válvula, pérdida de hermeticidad, rotura en sus pines guías y asientos. Ocasionando

de esta forma que la válvula se pase y contamine el producto o se quemé producto que no debería ir a los mecheros.

Dado que las válvulas KV tipo *Orbit* que están presentando problemática en los Trenes de Fraccionamiento, son las que están contenidas en los Tratadores de propano del Tren “C” área 100, la investigación se enfatizara en las válvulas del área señalada. Ya que, estas válvulas son la q están presentando actualmente inconvenientes a la hora de realizar sus operaciones. Seguidamente se mostrara un cuadro resumen donde se expondrán las fallas de las válvulas KV tipo *Orbit* en los tratadores del mencionado tren.

En la tabla anterior (ver tabla 1) se muestra la información acerca de las condiciones actuales de las válvulas KV de los tratadores de propano del Tren “C” de Fraccionamiento área 100 de la Planta. Donde se puede notar que existen fallas repetitivas en las válvulas.

Válvulas de Bola ORBIT (Tratadores de Propano-Tren “C”)				
Tag	Función	Características	Falla	Causa de la falla
KV- 10.0703	Entrada y salida de propano respectivamente.	Válvula de bola clase VI en una línea No. 6”-CA-100718 / STD. Tipo ORBIT.	- Rotura del diafragma.	- Presión mayor a su capacidad. De 45 a 50 psi.
KV-10.0733/32	Venteo a Fler		- Perdida de propano	- Desgaste en los asientos blandos. - Obstrucción del eje
KV-10.0706/09	Paso de Gas de regeneración de los calentadores.	Válvula de bola clase VI en una línea No. 6”-CA-100710-1”H / STD. Tipo ORBIT.	- Se pasa producto al gas de regeneración.	- La válvula no cierra herméticamente. - Desgaste en los asientos.
KV-10.0712/11/13/14	Salida de gas de regeneración.		- Falta de hermeticidad en la válvula.	-Dilatación de la bola.

Tabla 1 Tabla descriptiva de las fallas Repetitivas en las Válvulas KV Tipo Orbit
Fuente: Elaboración Propia.

5.2 Características de la gestión de mantenimiento aplicada en los Tratadores de Propano de los Trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose

A partir de la investigación de campo, se encontró que durante el período de estudio (marzo-junio), la gestión de mantenimiento en las válvulas de bola KV Tipo *Orbit* que actuaron como unidades de análisis, estuvo caracterizada por:

1. Altos porcentajes de mano de obra, materiales y costos invertidos en corrección de fallas repetitivas.
2. Inexistencia de un sistema de registros y control de fallas y/o datos históricos de los equipos de cada una de las estaciones.
3. Datos históricos de fallas de equipos escasos y poco confiables.
4. Alto índice de fallas de los equipos, lo cual repercute negativamente en la confiabilidad y disponibilidad de los mismos.
5. Inexistencia de documentación técnica, procedimientos, guías, instrucciones de trabajo y manuales de operación y mantenimiento.
6. Inexistencia de un sistema de control de inventarios de suministros y repuestos que ayude a optimizar los costos de mantenimiento.

Como resultado del mantenimiento correctivo aplicado a las válvulas KV contenidas en los tratadores de propano, se analizó la tendencia de las fallas para conocer el comportamiento de las averías, lo cual es un indicador de las efectivas o inefectivas acciones de mantenimiento. Los resultados se muestran en la siguiente tabla (Ver tabla 2):

Válvulas	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	TOTAL
KV- 10.0703	0	5	3	11	6	9	7	41
KV-10.0732	20	24	40	20	32	15	43	194
KV-10.0733	10	24	31	42	60	38	47	252
KV-10.0706	0	4	4	0	0	1	2	11
KV-10.0709	0	0	0	0	5	2	0	7
KV-10.0711	4	3	11	0	0	3	2	23
KV-10.0712	0	0	5	6	0	2	3	16
KV-10.0713	0	2	3	5	0	2	1	13
KV-10.0714	0	0	0	6	4	0	1	11
Mediana	0	3	0	6	4	0	1	16
Total Fallas	34	62	97	90	107	72	106	568

Tabla 2 Comportamiento mensual de las Fallas en las Válvulas de Bola KV en los Tratadores de Propano del Tren C

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se muestran el total de las fallas obtenidas en las válvulas de bola KV de los tratadores de propano del Tren C de la planta.

A continuación se presenta un Diagrama de Pareto que permitió observar las fallas mensuales que se presentan con más frecuencia en las Válvulas KV de los tratadores de propano del Tren “C” de Fraccionamiento, periodo enero-junio 2015. (Ver grafico 1)

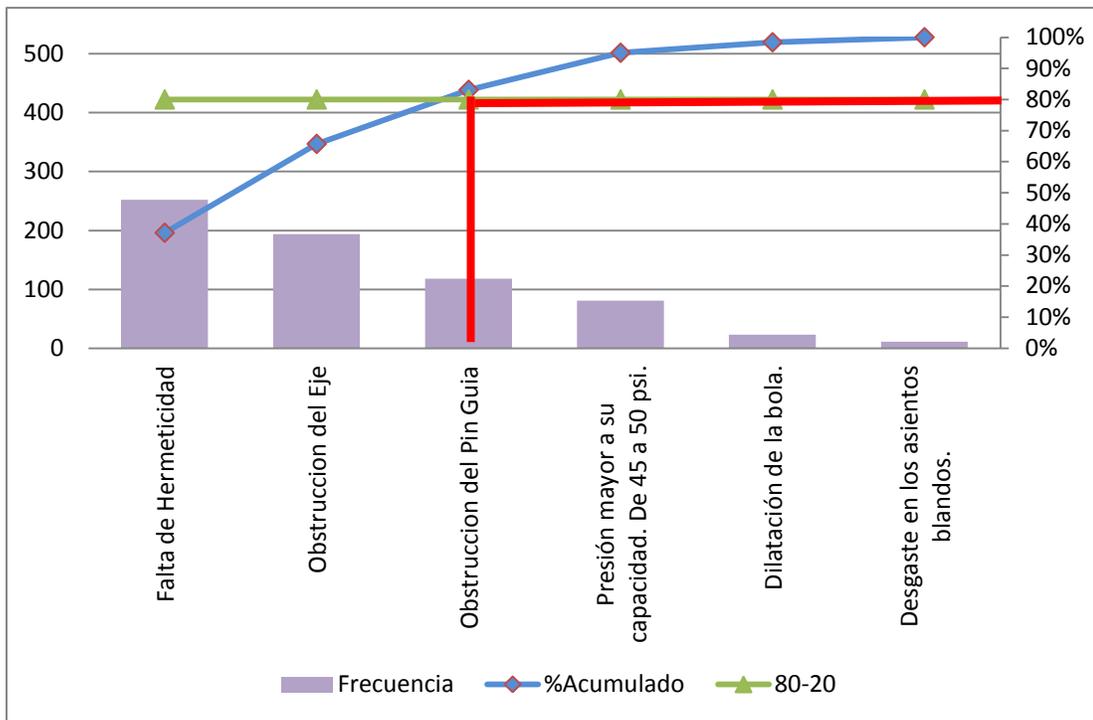


Gráfico 1 Tendencia de Fallas Mensuales en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit en los Tratadores de Propano del Tren C

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en el gráfico 1, los defectos más relevantes que se han presentado en este periodo, han sido la falta de hermeticidad en la válvula, obstrucción en el eje y en el pin guía. Si se llegaran a eliminar o disminuir la ocurrencia de estas causas, se resolvería de manera significativa las fallas ocasionadas. Según lo expuesto, las válvulas constituyen un elemento crítico en el cual deben estar enfocadas las acciones de mantenimiento.

El objetivo principal de esta investigación consiste en reducir los costos del mantenimiento, determinando qué debe hacerse, con el objeto de asegurar la funcionalidad del activo y modificar el programa de mantenimiento preventivo, enfocándose en las funciones más importantes de los sistemas. Según Huerta, López y Parra (1999), la etapa inicial exige la

aplicación de un Análisis de Criticidad, Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). En este caso: *Válvulas de Bola Tipo Orbit*.

5.3 Proceso Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF)

Para poder identificar los fallos de operaciones así como sus causas es necesario llevar a cabo una inspección de las válvulas que van a ser sujetas de análisis de la metodología de priorización de problemas, a continuación se establecerán los fallos operacionales de las Válvulas KV tipo Orbit de los tratadores de propano del Tren “C” y posteriormente se le realizara su analices correspondiente.

Se incluyó la descripción del equipo, su funcionamiento, especificaciones de diseño, operación y diagramas. El análisis extrae las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y sus efectos de los componentes que conforman el subsistema. Este estudio permite identificar fallas de diseño y proporciona una visión detallada del funcionamiento lo cual permite adecuar las acciones de mantenimiento preventivo para eliminar o reducir las fallas funcionales.

Para cuantificar las consecuencias y determinar el riesgo de cada modo de falla, mediante la ecuación de riesgo, se desarrollo la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Riesgo} &= \text{Frecuencia} \times [((\text{TPPR} \times \text{Nivel de Operacion} \times \text{Precio del Repuesto}) \\ &- (\text{Costo de Mano de Obra}) + \text{Costos Directos por Falla} \\ &+ \text{Impacto SHA} + \text{Impacto en el Ambiente})] \end{aligned}$$

Ecuación 2 Riesgo de Proceso

Donde:

- **Frecuencia:** Numero de veces que ocurre el modo de falla en el periodo de un año.

- **TPPR:** Es el tiempo de restauración de la condición del sistema y se expresa en Hrs.
- **Nivel de Operación:** Es el nivel de las operaciones que afectan el proceso al presentarse el modo de falla y se expresa en unidades de (hrs*falla)
- **Precio del Repuesto:** Es el precio del repuesto para el equipo expresado en unidades Bs
- **Costo de la Mano de Obra:** Es el costo derivado del proceso de contratación, inversiones en alojamiento, mobiliario, extensiones electrónicas, etc.
- **Impacto en la Seguridad:** Son los costos asociados con el daño causado al personal o la población, cuando se presentan el modo en análisis, como gastos hospitalarios extras al seguro personal, indemnizaciones, entre otros, expresado en Bs/falla.
- **Impacto al Ambiente:** Son los gastos incurridos por el impacto al ambiente ocasionado cuando se presente el modo de falla en el análisis, como trámites legales, indemnizaciones, entre otros expresados en Bs/falla.

Descripción del subsistema Válvulas KV Tipo *Orbit*

Las válvulas KV Tipo Orbit contenidas en los tratadores de propanos de los trenes de fraccionamiento de la planta son válvulas de bola. Estas válvulas son de parada, que utilizan una bola para cortar o para iniciar un flujo de líquido. La bola, según se muestra en la Figura (Ver Figura 1), realiza la misma función que el disco de otras válvulas. A medida que el eje de la válvula se da vuelta para abrir la válvula, la bola gira a un punto donde el agujero a través de la bola está alineado en parte o del todo con la entrada y la salida del cuerpo de válvula, permitiendo que el fluido atraviese la válvula. Cuando se gira la bola de manera que el agujero sea perpendicular a las aberturas de flujo del cuerpo de válvula, el flujo de fluido se detendrá.



Materiales

Acero al carbono, acero inoxidable, acero inoxidable dúplex, aleaciones ricas en níquel y otros materiales especiales según las condiciones de servicio. Opcionalmente disponibles recubrimientos externos protectores para mayor duración en ambientes corrosivos

Características:

- Sellado hermético con cero fugas. Adicionalmente, el sellado mecánico de la válvula elimina la necesidad de presión diferencial
- Seguridad, fiabilidad y vida prolongada que reduce los tiempos de inactividad en aplicaciones críticas de aislamiento
- Capacidad de cierre de emergencia seguro y eficiente
- Prensaestopas ajustado, eliminando emisiones fugitivas
- Diseño de entrada superior que permite la reparación en línea, lo que limita el tiempo de inactividad
- Deshidratación de criba molecular
- Aislamiento crítico
- Transferencia de calor
- Procesamiento de Gas

Especificaciones y conformidades:

- API 6D / ASME B16.34
- ISO 9001:2008
- PED 97/23/EC
- ATEX Directiva 94/9/EC
- GOST
- Certificado GOST-R y permiso RTN
- ISO 15848-1 (Test de emisiones fugitivas)

- Calificación Shell GSI SPE 77/300 TAT y dos Estrellas TAMAP

Principios de Operación

Las válvulas KV de los tratadores de propano de los trenes de fraccionamiento, están diseñadas para impedir o habilitar el paso de flujo de propano o gas en las tuberías para la entrada en los tratadores. La pieza de las válvulas que controlan el flujo es una bola sujeta al vástago de la válvula. La válvula está cerrada dando vuelta al vástago de la válvula hasta que la bola se apoye en el asiento de la válvula. El borde de la bola y su asiento están delicadamente trabajados a máquina de manera que cuando la válvula está cerrada encastra en forma muy precisa. Cuando la válvula está abierta el fluido atraviesa el orificio entre la bola y el asiento. Esta válvula opera completamente cerrada o completamente abierta.

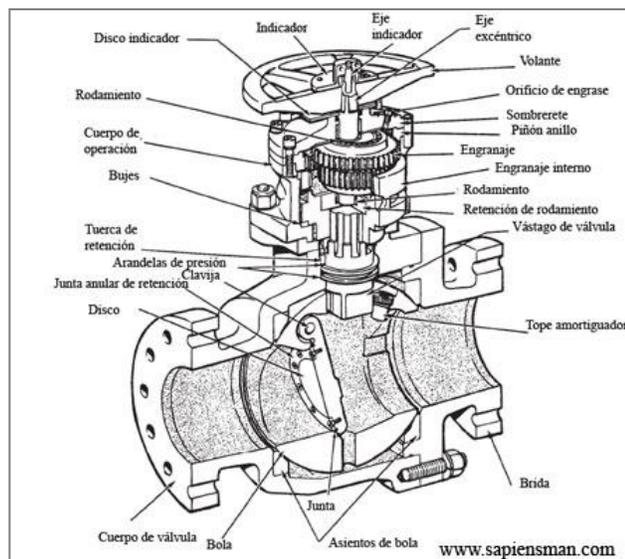


Figura 6 Válvula de Bola con Retención Basculante

Fuente: Internet

La válvula anteriormente expuesta (ver figura 6), muestra la función de la válvula. A medida que el actuador (que es el caso de las válvulas contenidas en los tratadores de propano de la planta) da vuelta al eje para

abrir la válvula, la bola gira a un punto donde el agujero a través de la bola está alineado del todo con la entrada y salida del cuerpo de la válvula, permitiendo que el líquido atraviese la válvula. Cuando se gira la bola de manera que el agujero sea perpendicular a las aberturas de flujo del cuerpo de válvula, el flujo del fluido se detendrá.

Especificaciones de las Válvulas KV Tipo *Orbit*

A continuación se mostrara en la tabla un resumen de las especificaciones de las válvulas de bola KV tipo Orbit instaladas en los tratadores de propano del tren "C" de fraccionamiento de la planta.

Location	ITM	CNX SIZE	Ansi	Figure Model	Serial Number	Actuador Type	Ubicación Location
Tren "C"	1	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1167002	164100-381	KV 100701
Tren "C"	2	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1167006	164100-381	KV 100702
Tren "C"	3	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1167003	164100-381	KV 100703
Tren "C"	4	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1167001	164100-381	KV 100704
Tren "C"	5	3 x 3	300	1223H8L RF	JB1166018	164100-381	KV 100705
Tren "C"	6	1.5 x 1.5	300	1223SH8L RF	JB1175121	625164-291	KV 100706
Tren "C"	7	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1165644	84625-381	KV 100707
Tren "C"	8	3 x 3	300	1223H8L RF	JB1166015	164100-381	KV 100708
Tren "C"	9	1.5 x 1.5	300	1223SH8L RF	JB1175120	625164-291	KV 100709
Tren "C"	10	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1165643	84625-381	KV 100710
Tren "C"	11	6 x 4 x 6	300	1233MH8L RF	JB890293	164100-301	KV 100711
Tren "C"	12	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1167004	164100-381	KV 100712
Tren "C"	13	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1165952	164100-381	KV 100713
Tren "C"	14	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1165955	164100-381	KV 100714
Tren "C"	15	3 x 3	300	1223H8L RF	JB1166019	164100-381	KV 100715
Tren "C"	16	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1165954	164100-381	KV 100717
Tren "C"	17	3 x 3	300	1223H8L RF	JB1166017	164100-381	KV 100718

Tren "C"	18	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1165953	164100- 381	KV 100720
Tren "C"	19	3 x 3	300	1223H8L RF	JB1166016	164100- 381	KV 100725
Tren "C"	20	6 x 6	300	1223MH8L RF	JB1165956	164100- 381	KV 100726
Tren "C"	21	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1169085	625164- 291	KV 100729
Tren "C"	22	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1169083	625164- 291	KV 100731
Tren "C"	23	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1169084	625164- 291	KV 100732
Tren "C"	24	2 x 2	300	1223MH8L RF	JB1169082	625164- 291	KV 100733

Tabla 3 Especificaciones de las Válvulas KV Tratadores de Propano Tren "C"

Fuente: Dpto. De Mantenimiento Operacional

En las tabla anterior (ver tablas 3) se especifican la figura, el modelo, serial, tipo de actuador y la ubicación de las válvulas KV Tipo Orbit de los tratadores de propano de los tren de fraccionamiento C de la planta de Fraccionamiento, Almacenaje, y Despacho Jose.

Modos de fallas

Se construyó un *diagrama causa-efecto*, mediante la utilización del método conocido como "lluvia de ideas" surgidas a partir de entrevistas al personal custodio y de mantenimiento. El diagrama causa-efecto se realizó con el objeto de representar los modos de fallas responsables del significativo número de fallas en estos equipos dinámicos. En la figura 6 se muestra esta herramienta aplicada sólo a los componentes o equipos de las Válvulas KV de los Tratadores de Propano del Tren C de Fraccionamiento de la Planta, es de resaltar que pueden existir otras causas derivadas del personal no calificado, procedimientos no adecuados, falta de suministros, entre otros

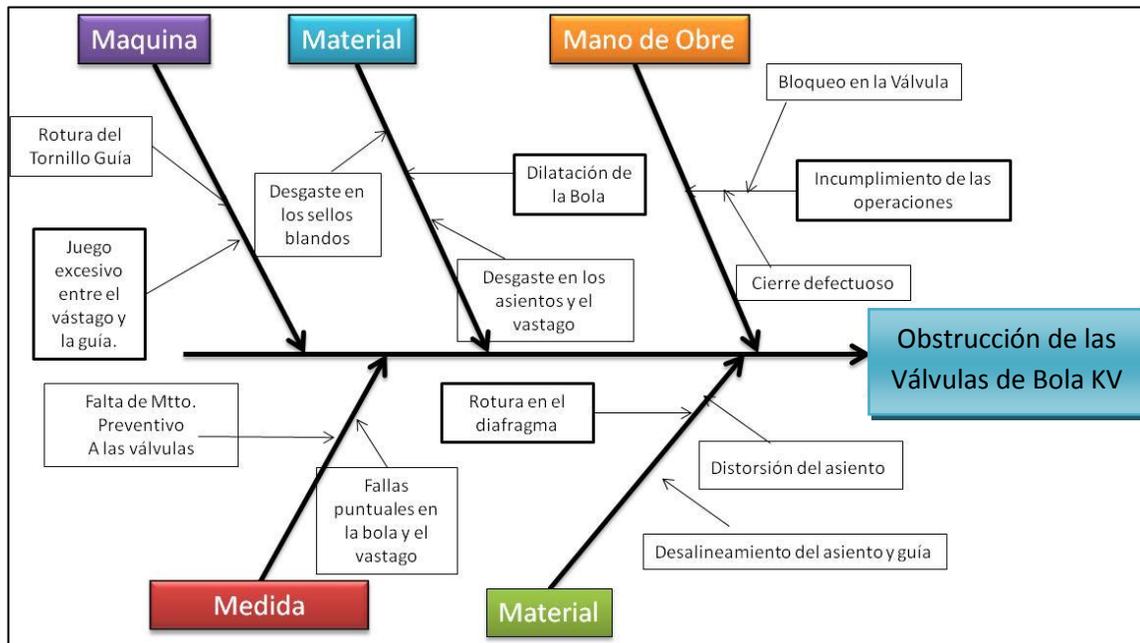


Figura 7 Diagrama Causa-Efecto Válvulas KV Tipo ORBIT

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 7 se muestra el diagrama causa-efecto de las válvulas KV tipo ORBIT acerca de las condiciones actuales de las válvulas de bola KV, en virtud a los resultados obtenidos con la técnica aplicada, existen fallas repetitivas en los Tratadores de Propano del Tren “C” de Fraccionamiento de la Planta.

Los análisis tanto del AMEF como el Causa y Efecto, serán expuestos en el capítulo VI de Análisis y Resultados.



CAPITULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran los aspectos referentes a los resultados obtenidos en el presente estudio, los cuales se exponen en función de cada uno de los objetivos específicos con el objeto de aplicar la metodología de Mantenimiento en las válvulas de bola tipo *Orbit* en los tratadores de propano de la planta de fraccionamiento, almacenaje y despacho Jose.

6.1 Proceso del Análisis de Criticidad

6.1.1 Selección de la Falla Crítica

Para identificar la falla más crítica se desarrollo la guía y la matriz de criticidad para ser aplicada en las Válvulas KV de los tratadores de propano de los trenes de fraccionamiento de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose. La guía se presenta en la tabla 3, donde se muestran los criterios que fueron establecidos y sus puntajes.

$$\text{Impacto total: } (TPPR \times INP \times FO) + CO + CM + ISHA + IIA + ISAC$$

Ecuación 3 Impacto Total

TPPR: Tiempo promedio para reparar

INP: Impacto en el nivel de producción

FO: Flexibilidad Operacional

CO: Costo de Operación

CM: Costo de Mantenimiento

ISHA: Impacto en la Seguridad Higiene y Ambiente

ISAC: Impacto en la satisfacción al cliente.

Criterio	Punto
Frecuencia de Falla	
Mas de 6 fallas al año	5
Entre 5 a 6 fallas por año	4
Entre 3 a 4 fallas por año	3
Entre 1 a 2 fallas por año	2
Menos de 1 falla al año	1
Tiempo promedio para reparar (MTTR)	
Mas de 16 horas	2.5
entre 8 y 16 horas	2
entre 4 y 8 horas	1.5
entre 2 y 4 horas	1
menos de 2 horas	0
Impacto en el nivel de operación	
Parada total de planta. Afecta el 100% de	6
Parada parcial de planta. Afecta entre el 50% al 80% el proceso	4
Parada parcial de planta. Afecta entre el 20% al 50% del proceso	3
Parada parcial de planta. Afecta entre el 20% del proceso	1
No genera ningun efecto significativo en el proceso	0
Flexibilidad Operacional	
No existe respaldo para mantener los requerimientos de operación	2
Disponibilidad parcial para el repuesto	1
Disponibilidad para el respaldo total del equipo	0
Costo de Operación	
Costos mayores ocasionados por perdida de producto y/o materia prima	3
Costos menores ocasionados por interrupcion laboral, perdida de producto y/o materia prima	1
No se causan perdida de producto en el proceso y/o materia prima	0
Costo de Mantenimiento	
Costo de reparacion mayor o igual M\$1000	5
Costo entre M\$500 a M\$1000	3
Costo menor a M\$500	1
Impacto en seguridad higiene y ambiente (SHA)	
Afecta la seguridad humana	10
Afecta al ambiente produciendo incumplimiento de normas	8
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores al personal propio y contratado (lesiones o heridas)	3
Provoca impacto ambiental menor, sin violacion de las normas ambientales	1
No provoca ningun tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	0
Impacto Calidad del Producto	
Afecta los parametros de calidad dando como resultado un producto no conforme	8
Desviacion de los parametros de calidad pero el producto se mantiene dentro de conformidad	4
Desviacion de los parametros de calidad del producto, pero puede ser recuperado	2
No afecta la calidad del producto	0
Impacto en la stisfaccion del cliente	
Afecta los acuerdos con los clietes externos y/o imagen de la empresa	8
No afecta la entrega de productos a clientes externos, ni la imagen de la empresa.	0

Tabla 4 Guía de Criterios

Fuente: Elaboración Propia

La matriz criticidad que satisface la clasificación de las fallas en las Válvulas KV se muestra en la siguiente figura, (ver figura 8).

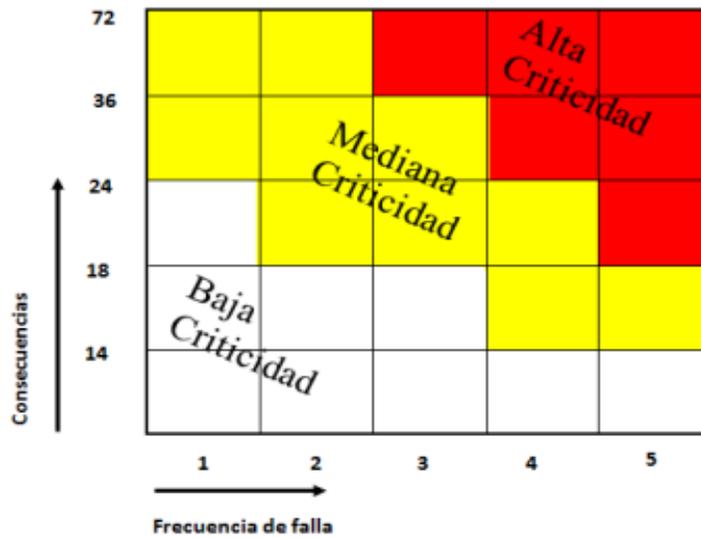


Figura 8 Matriz de Criticidad Válvulas KV Tratadores de Propano
Fuente: Elaboración Propia

Fueron analizadas un total de 21 válvulas de bola Tipo Orbit de los tratadores de propano del Tren “C” de Fraccionamiento, se obtuvo como resultado 4 equipos con alta criticidad que equivalen al 19 % del total de fallas analizadas, 12 válvulas con mediana criticidad que equivale al 58% y 5 válvulas con baja criticidad equivalente al 23 % tal como se muestra en la siguiente figura (Ver figura 9). El listado de las válvulas jerarquizadas se muestra en el apéndice A.

Descripción de la Válvula	Frecuencia de Falla	Consecuencia	Nivel de Criticidad (Riesgo)	Matriz de Riesgo
KV-10.0733 Venteo a Fler	5	40	200	AC
KV-10.0732 Venteo a Fler	4	40	160	AC
KV-10.0706 Gas de Regeneración	4	40	136	AC
KV-10.0709 Gas de Regeneración	3	34	136	AC

Tabla 5 Lista Jerarquizada con Equipos de Mayor Criticidad

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se muestra la lista jerarquizada de las cuatro válvulas con mayor criticidad en los tratadores del Tren “C”, donde se observa que la válvula KV- 10.0733, con una frecuencia de falla de 5 puntos y una consecuencia de 40 puntos, dado el nivel de criticidad de 200 puntos, el cual se ubica en la zona de alta criticidad de la matriz

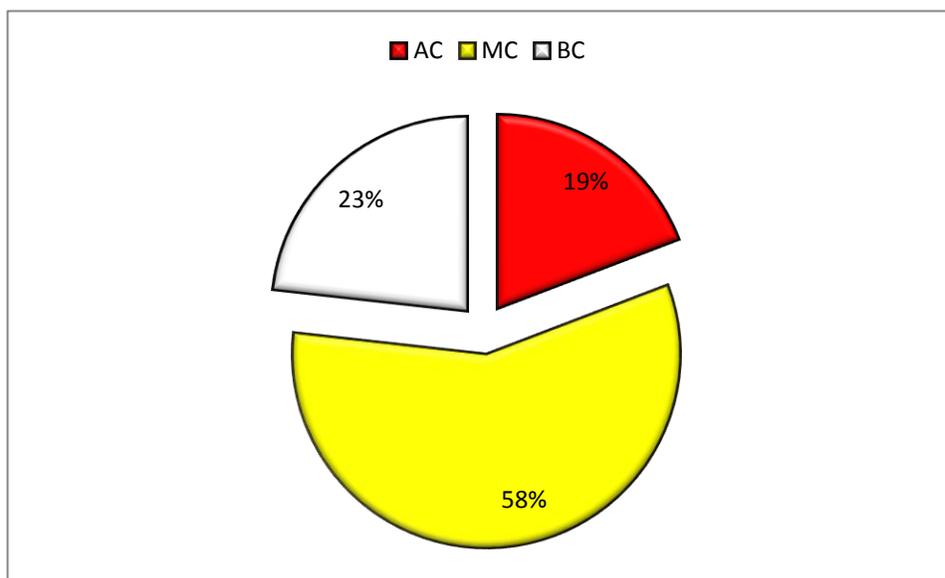


Figura 9 Resultados de análisis de criticidad

Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se pueden observar los porcentajes de las fallas obtenidas mediante la jerarquización de fallas en las válvulas KV de los Tratadores De Propano Del Tren “C” de Fraccionamiento.

6.1.2 Plan de Mantenimiento

El análisis se restringe a las Válvulas KV Tipo Orbit de los Tratadores de Propano del Tren “C”. Las características de operación y datos técnicos de las válvulas se describen con detalle en el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF). Los datos de mantenimiento de las válvulas fueron tomados de operadores que laboran en el área 250 y 100 de la planta, ya que no hay en existencia un manual donde se explique el mantenimiento que deben llevar las válvulas.

6.2 Análisis del Diagrama Causa- Efecto

- **Maquina**

Las válvulas de bola al accionarse manualmente pueden ser cerradas rápidamente, pudiendo producir un golpe de ariete (sobrepresión originada por el cierre brusco de una válvula), entonces las partículas de propano que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que aún siguen en movimiento. Por ello y para evitar la acción humana estas deben estar en funcionamiento con el actuador neumático.

- **Material**

Las válvulas de bola tipo orbit en los tratadores de propano trabajan con gas y liquido, al manejar estos componentes manipulan dos tipos de temperatura. Por el gas combustible la válvula maneja 260 °C, mientras que por el propano líquido maneja una temperatura por debajo de los -15 °C, teniendo de esta manera un rango amplio de temperatura. Esto ocasiona que las moléculas se acomoden hasta hacer reducir el metal y por efecto de dilatación lineal el metal se va reduciendo y lo que sellaba antes herméticamente ya no sella la bola de la válvula.

- **Medida**

La obstrucción de la válvula puede provocar un cierre incompleto de la misma permitiendo el paso de fluido a través de ella. En el caso de una obstrucción total, al fluido puede quedar completamente impedido el paso a través de la válvula, aunque esta haya recibido el orden de apertura.

6.3 Resultado del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

El resultado general del AMEF en las Válvulas KV del Tren “C” de Fraccionamiento, se identificaron 5 Funciones, 8 fallas funcionales y 11 modos de falla, los cuales se representan en la siguiente figura (ver figura 10), el resultado del desarrollo del análisis modo y efecto de las fallas se presentan en el anexo.

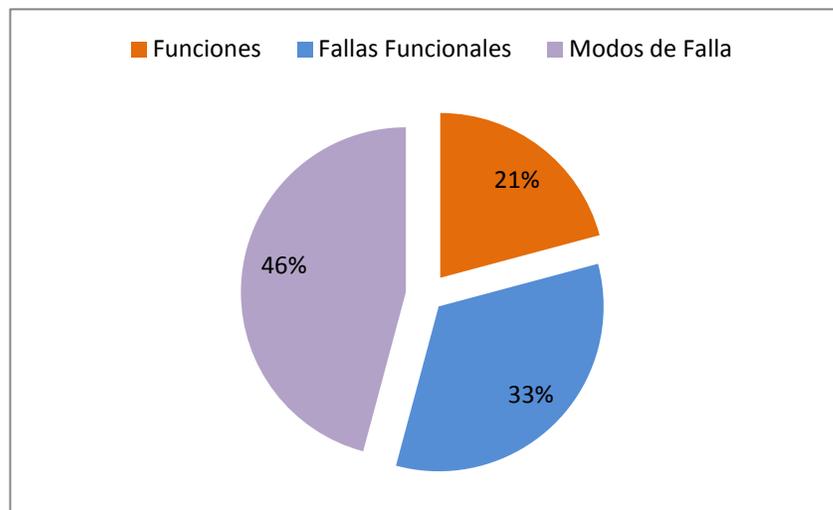


Figura 10 Distribución de funciones, fallas funcionales y modos de falla de las Válvulas KV Tipo Orbit de los Tratadores de Propano del Tren “C” de Fraccionamiento

Fuente: Elaboración Propia

En el diagrama anterior se muestran los resultados obtenidos en el AMEF aplicado a las Válvulas KV de los tratadores de propano del tren “C” de Fraccionamiento de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose.

A continuación se presenta un ejemplo del resultado obtenido a través del análisis de modo y efecto de fallas a partir de tablas especificadas:

#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Frecuencia De eventos por año Fallas/año	Efectos de Falla (Resumen de la falla indicada)	Riesgo Bs.F/año
Fugas Internas - Fugas en la Línea de Operación a través de la Válvula								
1	Apertura y cierre de la válvula	A	Rango de apertura/cierre sobre extendidos	1	Obstrucción de la Válvula	3	<p>Descripción del evento: En el caso de una obstrucción total, al fluido puede quedar completamente impedido el paso a través de la válvula, aunque esta haya recibido el orden de apertura.</p> <p>Acción Correctiva: Revise que la válvula se encuentre en su posición "completamente cerrada". Si no es así, retire la válvula y revise si existen sólidos que bloquean la toma de la bola. Limpie y vuelva a instalar la válvula.</p>	771876,72
2	En el Vástago	B	Perdida del movimiento de la válvula.		Diámetro de la válvula obstruido	5	<p>Descripción del evento: La rotación de la bola de la válvula es irregular al momento de su apertura y cierre</p> <p>Acción Correctiva: Retire el conector puntal y revise la rotación de la bola mientras la válvula está en operación. Realice el reemplazo de ser necesario.</p>	96415,75
		C	Desgaste en la guía del pin del vástago.		Obstrucción de la sección de paso de la válvula.			

Tabla 6 AMEF Válvulas KV Tipo Orbit Tratadores de Propano

Fuente: Elaboración Propia



Analizando la matriz de modos y efectos de fallas se pueden observar las causas que generan las fallas. Enumerando de esta forma posibles métodos adicionales que actúen sobre las causas de las fallas, o que puedan proporcionar un monitoreo de la condición del componente a fin de intervenirlo antes de que la falla aparezca.

El AMEF se mostrara por medio de tablas identificadas al subsistema de las válvulas, los componentes del subsistema analizado, la función primaria, los modos de falla, las posibles causas de falla y los efectos (Ver apéndice B).

A partir de este análisis se llevo a la construcción de mantenimiento de las válvulas de bola tipo Orbit, el cual puede ser implementado en los tratadores de propano de los trenes de fraccionamiento de la Planta de Fraccionamiento Almacenaje y despacho Jose. Ver apéndice C.

6.3 Jerarquización de los modos de falla

Por medio del cálculo de la ecuación de riesgo (ver ecuación N°2) se procedió a ordenar la jerarquización de los modos de falla de mayor a menor, obteniéndose los resultados siendo los modos más relevantes, mostrados a continuación:

Sistema/Equipo comprometido	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Riesgo Bs.F/año
KV-100706	Paso de Gas de Regeneración	Porta Sello con Ajuste Excesivo.	Fuga de fluido.	771876,72
KV-100732	Venteo de producto a Fler	Rango de apertura/cierre sobre extendidos	Obstrucción de la Válvula	600514,63
KV-100709	Paso de Gas de Regeneración	Perdida del movimiento de la válvula.	Diámetro de la válvula obstruido	96415,75
KV-100733	Venteo de producto a Fler	Desgaste en la guía del pin del vástago.	Obstrucción de la sección de paso de la válvula.	96415,75

Tabla 7 Jerarquización de Modos de Falla con Mayor Costo de Riesgo

Fuente: Elaboración Propia

Siendo los modos más relevantes: la fuga de fluido con un riesgo anual de 771876,72 Bs.F /año, el siguiente modo de falla relevante es la obstrucción de la válvula con 600514,63 Bs.F/año; continuando con el diámetro de la válvula obstruido y la obstrucción de la sección de paso de la válvula con un riesgo de 96415,75 Bs.F/año.

6.4 Identificación y Descripción de los Elementos del Costo de Mantenimiento de las Válvulas KV Tipo Orbit

Mano de Obra

Personal requerido para el funcionamiento tanto de la planta como en el área donde se aplicara el mantenimiento, área de administración, área productiva y de limpieza.

Personal Contratista		
Empresas Contratistas	Personal SISDEM	Personal Administrativo
Pre- Mantenimiento		
Consortio I&E	22	19
TOTAL	22	19
Mantenimiento		
Consortio I&E	117	34
TOTAL	161	72

Tabla 8 Personal ingresado para la Fase de Pre-Mantenimiento y Mantenimiento
Fuente: Dpto. MTTO. Mayor de la Planta de Fraccionamiento Almacenaje y Despacho Jose.

Personal PDVSA	
Pre- Mantenimiento	15
Mantenimiento	34

Tabla 9 Personal PDVSA
Fuente: Dpto. MTTO. Mayor de la Planta de Fraccionamiento Almacenaje y Despacho Jose.

En las tablas anteriores se puede apreciar el personal que lleva a cabo el proceso de mantenimiento mayor a las válvulas KV de los tratadores de propano de la Planta de Fraccionamiento Almacenaje y Despacho Jose. Tanto como los contratistas (Ver tabla 6), como el personal trabajador de PDVSA (ver tabla 7).

Mano de Obra Directa

Se especificara el valor monetario cancelado a los trabajadores encargados del mantenimiento de las válvulas KV tipo Orbit: Para determinar el costo directamente asociado a la mano de obra que se le implementa a las mismas, se realizara de acuerdo a la siguiente relación:

MANO DE OBRA DIRECTA				
Nomina Mensual	Empleados	Sueldo Mensual (Bs)	Meses	Total Nomina Mensual (Bs)
Gerente de Operaciones	1	20000	12	240000
Jefe de Mantenimiento	1	25000	12	300000
Operadores	12	8000	12	1152000
Ayudantes	6	8000	12	576000
TOTALES				2268000

Tabla 10 Mano de Obra Directa
Fuente: Elaboración Propia

La empresa cancela la mano de obra de los operadores de la siguiente manera: salario fijo mensual de Bs. 8000,00. Además se le cancela la Tarjeta de Alimentación, 30 días de utilidades, 30 días de antigüedad y 15 días de vacaciones.

Planificación de Mantenimiento

➤ Pre mantenimiento

En esta fase se realizarán las actividades previas a la fase de Mantenimiento, tales como movilización e instalación de facilidades temporales, retiro de aislamiento térmico, fabricación de tuberías y ciegos, desmontaje de monitor contra incendio, organización de los materiales,



acondicionamiento de losa para disposición provisional de desechos, instalación de planchas metálicas para soporte de equipos pesado.

➤ **Mantenimiento**

Seguidamente se presentaran las actividades que se llevan a cabo para el mantenimiento mayor de las válvulas KV tipo Orbit en el Tren “C” de los tratadores de propano de la Planta De Fraccionamiento, Almacenaje Y Despacho Jose:

- Despernado y apernado de Bridas de 6” de diámetros y colocación de bridas terminales y discos ciegos en válvulas KV.
- Desmontaje y montaje de las válvulas de 6” (KV- KV-10.0712/11/13/14/33/32)
- Trasladar a taller externo de la empresa Controval siete (7) válvulas desmontadas; para esta actividad el Consorcio I&E prestara apoyo con el traslado, en camión 750 con brazo pickman, hasta la zona industrial los Montones II Barcelona.
- Realizar mantenimiento con asistencia técnica a las siete (7) válvulas KV con personal técnico especializado de la empresa Controval.
- Realizar prueba de baja presión, donde una de las válvulas no pasó la prueba.
- Se amerita la presencia en planta del personal técnico especializado de la empresa Controval para ubicar e instalar instrumentación para los actuadores.

Horas de Labor	
Empresa	Plan
PDVSA	6.064
Contratista	17.504
TOTAL	23.568

Tabla 11 Horas Planificadas Vs Ejecutadas

Fuente: Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose

En la tabla se muestran las horas de labor planificadas para el mantenimiento de las Válvulas KV Tipo Orbit en el Tren “C” de los Tratadores de Propano (Ver tabla 9).

Costos Total de Mantenimiento	
Elem. De Costo	Plan (MBs)
Serv. Contratados	19.905.840,00
Materiales	4.155.000,00
Bono Alimentación	519.480,00
Gastos de Viaje	571.422,96
TOTAL	25.151.742,96

Tabla 12 Costo Total de Mantenimiento

Fuente: Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose.

En la tabla anterior se muestran el plan de los costos asociados al mantenimiento mayor de las Válvulas KV Tipo Orbite en los tratadores de Propano del Tren “C” de la Planta e Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose.

Costos Comunes y Cálculo de Costo Total

Relación de Costos Comunes Anuales	
Sueldo, Salarios y Otras Remuneraciones	625.700,00
Tarjeta de Alimentación	229.000,00
Mantenimiento de Maquinarias	80000,00
Suministros	30200,00
Alquileres	15000,00
Luz Eléctrica	35000,00
Teléfono	14500,00
Depreciación de maquinaria y equipos	187000,00
Total Costos Comunes	1216400,00

Tabla 13 Relación de Costos Comunes Mensuales

Fuente: Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose.

Se presentan todos aquellos costos que incluyen costos de los departamentos de servicios como reparaciones y del mantenimiento de la planta, la administración y los servicios públicos. Incluso cuando cada departamento de puede tener su propio departamento de servicios, las empresas generalmente incurren en los costos comunes para dar efecto a los ahorros en costos (Ver tabla 13).



6.5 Diseño del Esquema de la Estructura de Costo y Gastos de Mantenimiento de las Válvulas KV Tipo Orbit en los Tratadores de Propano del Tren “C”

Teniendo a la mano los costos de cada uno de los puntos de mantenimiento, se procederá a realizar el diseño del esquema de la estructura de costos y gastos para el mantenimiento de las Válvulas KV en los tratadores de propano, y trasladar la información a la estructura, que la misma estará compuesta de las siguientes partes: costos variables, costos fijos y gastos operativos, la misma facilitara el proceso y la orientación de organizar de manera practica la gestión de mantenimiento, basado en las prioridades estratégicas y operativas de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose.

		Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho José	
		Estructura de Costos y Gastos	
COSTOS			
Costos Variables			
Materiales y Suministros			
Mano de Obra			
Ostros Costos			

			Total de Costos Variables
Costos Fijos			
Mano de Obra			
Sueldos y Salarios y Otras Remuneraciones			
Tarjeta de Alimentación			
Mantenimiento de Maquinarias			
Suministros			
Alquileres			
Luz Eléctrica			
Teléfono			
Depreciación de Maquinaria y Equipos			

			Total Costos Fijos
			Total Costos
Gastos Operacionales			
Gastos Variables			
Transporte			
Sueldos y Salarios de Contratistas			
Teléfono			
Servicios Contratados			

			Total Gastos Variables
Gastos Fijos			
Sueldos y Salarios			
Mantenimiento			
Depreciación (Anexo 6)			
Servicios Auxiliares			

			Total Gastos Fijos
			Total Gastos Operativos
			Total Costos y Gastos

Tabla 14 Esquema de la Estructura de Costos de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia



6.6 Costos y Flujo de Mantenimiento.

Serán considerados los costos directos de la labor de mantenimiento de la parada de los trenes de fraccionamiento de la Planta; ningún costo asignado de cualquier otra instalación diferente a la propia unidad de los tratadores de propano y/o costos generales serán aceptados.

Se supondrá idealmente que en el mismo instante de tiempo se hace el pedido, se efectúa el mantenimiento y se hace el pago por los repuestos y servicios necesarios en cada oportunidad.

Los repuestos necesarios para cada categoría de mantenimiento se deben obtener de las recomendaciones y manuales del fabricante así como de la propia experiencia de la Empresa propietaria.

El listado de los repuestos e insumos necesarios para cada categoría de mantenimiento, debe ser presentado por el generador, especificando como mínimo, la denominación, la cantidad necesaria y precios unitarios, indicando la correspondiente área o sección de la unidad intervenida. Dicho listado debe ser completo y suficiente para sustentar los cálculos realizados.

A los precios de los repuestos, deben agregarse los costos de internamiento respectivos (flete, seguro, aranceles, y todo impuesto que no genere crédito fiscal) a las tasas vigentes en cada oportunidad.

Para una mayor eficiencia de costos en la gestión del mantenimiento, se deberá optimizar el uso de los repuestos al considerarse su reutilización una vez reparados en fábrica, ya que muchas veces son los repuestos nuevos de estas partes re-utilizables las de mayor costo; se tomará en cuenta para el efecto de las recomendaciones del fabricante en cuanto a que



piezas o componentes son reparables, al número o porcentaje esperado de piezas o componentes reparables, no reparables y de piezas o componentes reinstalables sin reparación, así como el número de veces que cada parte es reparable y/o reutilizable; ante la falta de recomendaciones del fabricante se tomará en cuenta la experiencia del titular.

Se considerarán como costos de mantenimiento también a los contratos de alquiler de herramientas o utilería especial, así como los contratos de asesoría especializada y mano de obra especializada durante los trabajos de mantenimiento de cada categoría de mantenimiento. Los costos de personal de operación y mantenimiento propio de la empresa no serán considerados como costos de mantenimiento.

También podrán ser considerados los costos de mantenimiento menor de conservación de la unidad, costos que pueden considerarse que no son función del contador (horas de operación, arranques, etc.), sino que pueden considerarse como costos anuales calendarios.

6.6.1 Flujo de Mantenimiento y Costos Asociados

Con la información de las categorías de mantenimiento y de los periodos de mantenimiento, así como de los costos involucrados en cada oportunidad proporcionados por los operadores de las válvulas KV en los tratadores de propano de los trenes de la Planta , se elaborara un flujo de mantenimiento y de costos asociados función del contador, es decir, dependiendo de la tecnología de la unidad, función de las horas de operación, de las HEO, de los arranques u otro (todavía no en función de las horas calendarías).

6.7 Plan de acción en función de las fallas presentadas en los Válvulas de Bola KV Tipo Orbit en los Tratadores de Propano de los Trenes A, B y C de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose

A continuación se presentara el plan de acción propuesta para llevar a cabo en los departamentos asociado al mantenimiento de las válvulas KV de la Planta De Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose

Superintendencia de Mantenimiento Operacional						
Nº	Estrategias	Actividades	Recursos	Tiempo	Responsable	Observaciones
1	Programa de lubricacion	En la graseras del muñón superior a nivel del vástago.	Lubricante Lubriplate "Low Temp" (baja temperatura) para el bombeo en los puntos de engrase	Lubricar mínimo una vez al año. Cada 1000 ciclos si la válvula se opera más de diez veces al día.	Mantenimiento Operacional	Los actuadores que se montan sobre las valvulas de alta temperatura +600 °F (316 °C) y mas arriba, debe ser lubricado el doble de frecuencia que se recomienda.
		En las graseras a nivel de los anillos de asiento.	Lubricante Lubriplate "LM 123-006"	Cada tres meses si la válvula es operada con poca frecuencia (una vez al día o menos).		
2	Implementar charlas trimestrales del uso, capacidad, manejo y seguridad industrial de la Valvula de Bola tipo Orbit	Capacitacion respecto al uso, capacidad, manejo y seguridd industrial a todos los operadores que laboran en los trenes de fraccionamiento A, B y C	Solicitar apoyo a Higiene y Seguridad Industrial	Trimestrales	Encargado de los operadores de Mantenimiento Operacional	Determinar el encargado de las charlas

Tabla 15 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit

Fuente: Elaboración Propia

Departamento de Compra y Almacen						
1	Diagnosticar las necesidades presupuestarias	Elaborar un plan operativo, plan de contrataciones y de compras para lograra los objetivos del mantenimiento	Computador	Anual	Control de inventarios	Determinar cuantos equipos deben ser reemplazados actualmente
2	Abastecer el almacen con repuestos y equipos de las valvula de bola tipo orbit usados en la planta y cumplir los planes de mantenimiento rutinario y preventivo para poder disminuir costos por mantenimiento correctivo	Realizar la compra oportuna de los repuestos. Codificar los repuestos de los equipos de las valvulas en la planta	Financieros humanos y tecnologicos	Trimestral	Jefe de departamento de compras y encargado de inventario en almacen	Incluir los codigos de todos los equipos que poseean mas de un (1) alo operativo. Determinar los repuestos necesarios para aplicar mantenimiento preventivo. Determinar los costos necesarios.

Tabla 16 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit

Fuente: Elaboración propia

Departamento de Ingenieria Mayor						
N°	Estrategias	Actividades	Recursos	Tiempo	Responsable	Observaciones
1	Determinar las condiciones de los equipos de la valvula para determinar si es pertinente el reemplazo de los mismos	Adquirir los costos actuales de los equipos a solicitar	Humanos, materiales y tecnologicos	Cada dos años operativos de los equipos	Especialista de proyectos de Ingenieria mayor	Determinar el personal encargado de las inspecciones de Ingenieria Mayor y Mto. Operacional

Tabla 17 Plan de acción en función de las fallas presentadas en las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis y resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. Los datos se tomaron con una base del historial de fallas de las válvulas KV de los tratadores de Propano de los trenes de fraccionamiento A, B Y C, desde el año 2011 hasta mediados de julio de 2015. Para las tres unidades, el sistema con más fallas resultó ser las válvulas KV contenidas en los tratadores de propano el tren "C" de Fraccionamiento de la Planta.
2. Los componentes críticos de las Válvulas KV en los tratadores de propano son: Los asientos, la bola, el vástago y el diafragma. El sub sistema crítico seleccionado en este Trabajo de Grado fue: Válvulas de KV Tipo Orbit de los tratadores de propano del Tren "C". El AMEF y el análisis de los procedimientos técnicos de mantenimiento se limitó a este sub sistema.
3. El análisis de modos y efectos de falla AMEF, permitió realizar un listado de las posibles causas de fallas en las válvulas. Cada una de estas causas reveló una oportunidad para mejorar la forma en que se inspecciona o se repara.
4. El área de mantenimiento operacional no posee un sistema contable integrado que le permita determinar una estructura de costos y gastos de mantenimiento que le facilite la información de los costos totales de los diferentes mantenimientos que se le realizan a las válvulas KV de los tratadores de propano de la planta.



5. Las acciones de mantenimiento preventivo y predictivo de las válvulas KV han sido deficientes, ya que los daños en estos equipos están muy por encima del promedio de fallas; por lo tanto, se trata de una variable fuera de control.

6. Se diseñó un plan de acción para cada departamento.

RECOMENDACIONES

En vista de las conclusiones establecidas se recomienda:

1. Vigilar el ingreso de los datos al sistema SAP, de manera que se pueda contar con información útil para analizar el comportamiento de equipos o sistemas. Esto permite disminuir el tiempo empleado en la búsqueda de la información y concentrar los esfuerzos en la aplicación pronta de acciones preventivas.
2. Con el apoyo del AMEF se pueden seleccionar herramientas de desarrollo para el diagnóstico o la reparación de las válvulas de seguridad. Presentando de esta forma los costos aproximados de las herramientas, intervalos de uso y las horas-hombre aproximadas para su empleo.
3. Se recomienda realizar un análisis de modos y efectos de falla y una revisión de procedimientos de mantenimiento para los demás equipos en los tratadores de propano y en los trenes de fraccionamiento. Esto debe hacerse, antes de introducir cualquier tecnología o modificación en los procedimientos.
4. Se debe establecer un sistema contable adecuado que permita determinar los costos y gastos incluidos para llevar a cabo el mantenimiento de las válvulas KV y de esa manera tener un mejor control en los departamentos de costos y programación, para así minimizar el tiempo de respuesta de ejecución del mantenimiento.
5. Custodiar la especialización y el mejoramiento constante tanto del mantenimiento como del costo y su personal, con la finalidad de



organizar, planear y programar el control de las actividades que se llevaran a cabo para el mantenimiento de las válvulas KV, para obtener los costos totales generados y así facilitar la determinación del costo de mantenimiento de las mismas.

6. Es de suma importancia la implementación y ejecución del plan de Acción elaborado.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Procedimiento de la Planta; Centro de Información técnica de la Planta de Fraccionamiento y despacho Jose.
- Manual de operación del Tren “A” de la planta de Fraccionamiento y Despacho Jose; Centro de Información técnica de la Planta.
- Manual de operación de fraccionamiento y almacenaje con incorporación del tren “D”.
- Manual de operación del Tren “B” de la planta de Fraccionamiento y Despacho Jose; Centro de Información técnica de la Planta.
- Manual de operación del Tren “C” de la planta de Fraccionamiento y Despacho Jose; Centro de Información técnica de la Planta.
- Campos Jennys, (2007); **ANÁLISIS DE COSTO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LOS LISTONES DE MADERA PINOS CARIBE TRATADO TÉRMICAMENTE PARA EL EMBALAJE DE CILINDROS EN LA PLANTA DE COLADA DE CVG VENALUM.** Puerto Ordaz, Practica Profesional UNEXPO.
- Robert Montoya, (2008); **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD Y EFICIENCIA DE LOS CONDENSADORES DE LOS TRENES A Y C DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO Y DESPACHO JOSE.** Barcelona, Mejoras operacionales en procesamiento de Gas.

- Luz Duran, Orlando González (2009); **EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD COMERCIAL DEL PENTANO EN LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO, ALMACENAJE Y DESPACHO DEL COMPLEJO CRIOGÉNICO JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI.** PUERTO La Cruz, Trabajo de Grado UDO.
- Terán Leonardo, (2010); **ESTUDIO Y DIAGNOSTICO DEL USO ADECUADO DE ACCESORIOS, BRIDAS, VÁLVULAS, TUBERÍAS EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO DE GAS, AGUA Y PETRÓLEO.** Quito, Trabajo de Grado Ingeniero en Petróleo Escuela Politécnica Nacional.
- <http://www.eci.co/sites/default/files/V%C3%A1lvula%20de%20bola%20-%20ORBIT.pdf>
- <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1572/1/22-TESIS.IP009.D37.pdf>
- http://tesis.luz.edu.ve/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=3591
- http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa
- <http://www.monografias.com/trabajos90/sistemas-costos/sistemas-costos.shtml>



APÉNDICES

Numero	Valvula	Frecuencia de Falla	Consecuencia	Nivel de Criticidad (Riesgo)	Matriz de Criticidad
1	KV-10.0732	5	40		AC
2	KV-10.0733	4	40		AC
3	KV-10.0706	4	40		AC
4	KV-10.0709	3	34		AC
5	KV-10.0713	2	29		MC
6	KV-10.0714	3	42		MC
7	KV-10.0703	3	27		MC
8	KV-10.0711	3	27		MC
9	KV-10.0712	2	19		MC
10	KV-10.0702	2	19		MC
11	KV-10.0701	2	19		MC
12	KV-10.0715	2	19		MC
13	KV-10.0717	2	19		MC
14	KV-10.0718	2	19		MC
15	KV-10.0726	2	19		MC
16	KV-10.0725	1	25		MC
17	KV-10.0720	5	10		BC
18	KV-10.0710	2	18		BC
19	KV-10.0731	2	16		BC
20	KV-10.0705	2	14		BC
21	KV-10.0719	3	9		BC

Apéndice A Jerarquización de Grado de Criticidad de Las Válvulas

Fuente: Elaboración Propia

#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Frecuencia De eventos por año Fallas/año	Efectos de Falla (Resumen de la falla indicada)	Riesgo Bs.F/año
Fugas Internas - Fugas en la Línea de Operación a través de la Válvula								
1	Apertura y cierre de la válvula	A	Rango de <i>apertura/cierre</i> e sobre extendidos	1	Obstrucción de la Válvula	3	<p>Descripción del evento: En el caso de una obstrucción total, al fluido puede quedar completamente impedido el paso a través de la válvula, aunque esta haya recibido el orden de apertura.</p> <p>Acción Correctiva: Revise que la válvula se encuentre en su posición "completamente cerrada". Si no es así, retire la válvula y revise si existen sólidos que bloquean la toma de la bola. Limpie y vuelva a instalar la válvula.</p>	600514,63
2	En el Vástago	B	Perdida del movimiento de la válvula.		Diámetro de la válvula obstruido	5	<p>Descripción del evento: La rotación de la bola de la válvula es irregular al momento de su apertura y cierre</p> <p>Acción Correctiva: Retire el conector puntal y revise la rotación de la bola mientras la válvula está en operación. Realice el reemplazo de ser necesario.</p>	96415,75
		C	Desgaste en la guía del pin del vástago.		Obstrucción de la sección de paso de la válvula.			

Apéndice B AMEF Fugas Internas - Fugas en la Línea de Operación a través de la Válvula de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit
Fuente: Elaboración Propia

#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Frecuencia De eventos por año Fallas/año	Efectos de Falla (Resumen de la falla indicada)	Riesgo Bs.F/año
Fugas Externas								
1	En las Tuercas de Unión	A	Desplazamiento o aplastamiento del O-Ring de la porta sello.	1	Tuerca de Unión Floja.	3	Descripción del evento: Bola de la válvula desnivelada. Acción Correctiva: Ajuste la tuerca nuevamente. Revise la alineación del sistema - el(los) conector(es) puntal tiene que estar paralelo. Revise el soporte adecuado de la válvula.	55714,75
2	En el Vástago	B	Daño del O-Ring del vástago.			5	Descripción del evento: La rotación de la bola de la válvula es irregular. Acción Correctiva: Retire y desmonte el vástago de la válvula; inspeccione para verificar daños físicos o químicos. Asegúrese de la compatibilidad del O-Ring, realice la limpieza y el reemplazo en consecuencia.	40500,35

Apéndice C AMEF Fugas Externas de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit
Fuente: Elaboración Propia

#	Función	#	Falla Funcional	#	Modo de Falla	Frecuencia De eventos por año Fallas/año	Efectos de Falla (Resumen de la falla indicada)	Riesgo Bs.F/año
Inmovilización — imposibilidad de movimiento o muy dificultoso, para abrir/cerrar; en ocasiones acompañado por la rotura del vástago (cizallamiento)								
1	Bloqueo de la bola	A	No soporta adecuadamente la bola de la válvula	1	Bola de la válvula atascada en la matriz del vástago. La bola no gira.	3	Descripción del evento: Fatiga, corrosión Acción Correctiva: Retire la válvula y revise si existen depósitos de sólidos, bloqueando la bola o el interior de la válvula. Revise si existen partículas de sedimento alojadas alrededor de las áreas de contacto entre la bola y el asiento. Retire el vástago y revise si existe el mismo problema. Limpie y vuelva a instalar	771876,72
2	Sello necesario para que el fluido no escape a través de la válvula	B	Porta Sello con Ajuste Excesivo.		Asientos deformados.	5	Descripción del evento: Fuga de fluido. Acción Correctiva: afloje suavemente la única Tuerca de Unión. IMPORTANTE: Por lo general solamente se requiere un leve ajuste (en cualquier válvula). Una válvula ajustada apropiadamente deberá tener una resistencia significativa para operar sin ligaduras.	771876,72

Apéndice D AMEF Inmovilización — imposibilidad de movimiento o muy dificultoso, para abrir/cerrar; en ocasiones acompañado por la rotura del vástago (cizallamiento) de las Válvulas de Bola KV Tipo Orbit



**APÉNDICE E MANUAL DE MANTENIMIENTO
VÁLVULAS DE BOLA TIPO ORBIT**

MATENIMIENTO EN VALVULAS DE BOLA

LUBRICACION:

Las válvulas de bola fija normalmente no requieren lubricación; sus anillos de asiento, las empaquetaduras de teflón y las bocinas antifricción, son auto lubricantes, debido a su bajo coeficiente de fricción. Sin embargo, la válvula cuenta con un sistema de inyección de grasa y se debe seguir el siguiente procedimiento:

PUNTOS DE LUBRICACION:

- En la graseira del muñón superior a nivel del vástago.
- En las graseras a nivel de los anillos de asiento.

PLAN DE LUBRICACION RECOMENDADO:

La frecuencia de lubricación de la válvula debe basarse en el sentido común o en la experiencia de los usuarios con el equipo instalado. Las siguientes indicaciones servirán de guía hasta que las experiencias con el equipo indiquen lo contrario:

- Lubricar mínimo una vez al año.
- Cada tres meses si la válvula es operada con poca frecuencia (una vez al día o menos).
- Cada 1000 ciclos si la válvula se opera más de diez veces al día.
- Cada 500 ciclos si la válvula se opera en condiciones severas o corrosivas y más de diez veces al día.

LUBRICANTES RECOMENDADOS:

El tipo de lubricante dependerá de las condiciones de servicio de la válvula (temperatura, tipo de fluido, etc.). El lubricante puede ser usado para reducir la fricción o como sellante en ambos puntos de lubricación. En lo posible, se recomienda usar grasa lubricante para facilitar el movimiento y limitar el uso de grasa sellante solo para los casos de emergencia, donde hallan fugas a través de los asientos de la válvula.

FUGAS FUGAS POR EL VASTAGO:

Las fugas por el vástago pueden ser temporalmente eliminadas inyectando grasa sellante por la graseras del vástago (156).

Este sistema de inyección de grasa a nivel del vástago es opcional y es incorporado a la válvula en los casos donde el cliente lo requiera.

FUGAS POR LOS ASIENTOS:

La válvula está equipada con un sistema de inyección de grasa que funciona como sello de emergencia; las fugas pueden ser temporalmente eliminadas o por lo menos reducidas inyectando grasa sellante (con la válvula en posición "cerrada") por las graseras de los asientos (135). Para eliminar completamente la fuga por asiento, deberá ser desincorporada la válvula de la línea y desarmarla para reemplazar el (los) componente(s) dañados.

REVISION:

Para la revisión se siguen los siguientes pasos:

- Desmonte la válvula de la línea, realice prueba hidrostática para determinar el tipo de fuga y desármela según las instrucciones en el punto 4.
- Para la limpieza de todos los componentes use trapos limpios y un desengrasante a base de agua, (en lo posible no use solventes).
- Después de limpiar, revise cuidadosamente cada componente para asegurarse que las partes metálicas móviles y las superficies de sellado no estén dañadas. Revise también la condición de los o'rings y los anillos de antiextrucción (spare space).
- Reemplace los componentes dañados.
- Lubrique con grasa lubricante los o'rings. Las arandelas y bocinas antifricción no necesitan engrasarse, ya que son auto lubricantes.

NOTA:

El material de las empaaduras y de los o'rings dependerá de las condiciones deservicio de la válvula.

DESARME:

Para desarmar la válvula de bola fija (tipo muñón, Modelo. 2 piezas), siga cuidadosamente las siguientes instrucciones:

- Si la válvula esta en servicio lo primero que se debe hacer es eliminar la presión de la línea.
- Abra la válvula de drenaje para desahogar la presión interna del cuerpo y luego coloque la válvula en posición "abierta".
- Desmunte la válvula de la tubería.
- La válvula debe ser colocada en posición horizontal, de forma talque la parte superior este accesible.

NOTA:

Antes de desarmar la válvula es necesario marcar de forma permanente todas las piezas para poder rearmarla correctamente.

- Retire el operador de la válvula, (si es un actuador o un reductor), después de remover los pernos que lo unen a la válvula; levántelo con cuidado hasta que esté completamente separado del vástago. Tenga cuidado de no dañar ni el vástago, ni la chaveta, ni el actuador o reductor por algún golpe que resulte de la operación de desmontaje. Luego retire la chaveta del vástago.
- Levante la válvula y déjela descansar en la brida lateral del cuerpo, para que la cañería quede en posición vertical.

- Destornille los pernos de la brida adaptadora y retire la brida adaptadora.
- Destornille los pernos del muñón superior.
- Extraiga del cuerpo, el grupo formado por el vástago y el muñón superior. Retire la empaadura espirometálica del muñón.
- Extraiga el vástago del muñón superior.
- Retire los anillos antiextrucción (spare parts), los o'rings del vástago, los o'rings del muñón superior y la arandela Antifricción del vástago.
- Retire la grasera del vástago, si es necesario, para limpiarla, así como también para limpiar el conducto de entrada de la grasa sellante. (Este punto se llevará a cabo si el diseño contempla la inyección de grasa en el vástago).
- Destornille los pernos del muñón inferior.
- Extraiga el muñón inferior del cuerpo, retire los o'rings del muñón y la empaadura espirometálica del muñón.
- Destornille y extraiga el tapón de venteo y el tapón de purga
- Retire las tuercas de los espárragos, del terminal.
- Levante el terminal cuidadosamente para no dañar el o'rings y luego retire la empaadura espirometálica del terminal.
- Desenrosque los espárragos del cuerpo.
- Extraiga la esfera del cuerpo. Suspenda la esfera con una eslinga de nylon para no dañarla. Colóquela sobre una paleta de madera o goma.
- Las bocinas Antifricción pueden ser removidas con un extractor solo si están dañadas
- Retire la arandela Antifricción de la bola.

- Extraiga los asiento metálicos del cuerpo y del terminal y luego retire los o'rings de los anillos. Retire los anillos antiextrucción (spare parts) si los tuviere.
- Retire los resortes de los asientos de sus encajes en el cuerpo y terminal
- Limpie cada uno de los componentes (preferiblemente use desengrasante) para su revisión y verificación y así determinar la(s) causa(s) que originó (aron) la(s) falla(s), y decidir cuales piezas se deben reemplazar.

Determinar si es posible o no reparar la válvula.

REENSAMBLAJE:

- Preparación del cuerpo.
- Rosque los espárragos de la junta de cuerpo terminal.
- Inserte los resortes en sus cavidades correspondientes.
- Prepare un anillo de asiento con sus respectivos o'rings y anillos antiextrucción si los tuviere.
- Introduzca con presión el anillo en su respectiva caja de anillo en el cuerpo, y deje este cuerpo apoyado en la brida lateral.
- Prepare la esfera colocando sus bocinas Antifriccion.
- Introduzca la esfera en la cavidad del cuerpo y que descansa sobre el anillo. Centre y oriente la esfera de acuerdo a los agujeros para muñones.
- Preparación del terminal.
- Coloque la empacadura espirometálica, coloque el o'rings en su respectiva ranura.

- Inserte los resortes en sus cavidades correspondientes.
- Prepare el otro anillo de asiento con sus respectivos o'rings y anillos antiextrucción si los tuviere.
- Introduzca con presión el anillo en su respectiva caja en el terminal.
- Levante el terminal con el anillo hacia abajo y con cuidado hágalo encajar en el cuerpo en la posición correcta de modo que las graseras queden hacia el mismo lado, coloque cuatro tuercas y apriételo hasta juntar cuerpo - terminal.
- Prepare el muñón inferior con su empaadura y o'rings y anillo antifricción si lo tiene e introdúzcalo en su cavidad respectiva de modo que calce en la esfera, luego fíjelo con dos tornillos.
- Prepare el conjunto vástago muñón superior colocando en el vástago sus o'rings el anillo antiextrucción si los tuviere y su arandela antifricción. En el muñón superior, coloque las bocinas Antifricción, la empaadura, el o'rings y el anillo Antifricción si lo tuviere.
- Con ayuda de una eslinga, suspenda el conjunto muñón superior-vástago e introdúzcalo en el cuerpo y ajústelo con dos tornillos. (Si lo considera necesario para realizar esta operación, ponga el conjunto cuerpo terminal en posición horizontal apoyándose en el muñón inferior, luego introduzca el conjunto muñón superior de modo que calcen en la esfera, luego fíjelos con dos tornillos.
- Coloque las demás tuercas de la junta cuerpo y terminal y apriételas según torque requerido
- Coloque los demás tornillos para los muñones superior e inferior y apriételos según torque requerido.

- Coloque sus graseras con sus respectivas checks. (Las graseras normalmente se colocan después de la prueba hidrostática para verificar que los checks internos sellen correctamente.
- Coloque el tapones de venteo y el tapón de purga.
- Coloque la brida tope o la brida adaptadora, según sea lo requerido. Céntrela y apriete los tornillos que la sujetan con el torque correspondiente.

Pruebas

Hermeticidad o sello

Aquí se describen los métodos para determinar cuantitativamente el grado de hermeticidad existente entre los asientos de las válvulas de seguridad. La determinación de la fuga existente se debe hacer con un tubo de 7,9 mm de diámetro exterior, con una pared de 0,089 mm. La punta del tubo debe ser cortada en forma recta, debe estar perpendicular a la superficie del agua y sumergida 12 mm.

Prueba con vapor de agua

- a. Medio de prueba. El medio de prueba debe ser vapor de agua saturado.

Arreglo de la prueba. La válvula debe colocarse en forma vertical sobre el banco de pruebas de vapor de agua.

- b. Arreglo de la prueba. La válvula debe colocarse en forma vertical sobre el banco de pruebas de vapor de agua.
- c. Presión de prueba. Para válvulas cuya presión de ajuste sea mayor a 345 kPaman, el intervalo de fuga en burbujas por minuto se debe medir con una presión de prueba de 90% de la presión de ajuste a la entrada de la válvula. Para válvulas cuya presión de ajuste sea igual o menor a 345 kPaman, la presión de prueba debe ser 34,5 kPaman, por debajo de la presión de ajuste
- d. Prueba de hermeticidad. Antes de realizar la prueba de hermeticidad debe demostrarse la presión de ajuste, la presión de prueba debe aplicarse por lo menos durante 3 min., cualquier condensado en el interior del cuerpo debe ser removido antes de realizar la prueba, después de lo cual la hermeticidad debe verificarse en forma visual utilizando un fondo negro. La válvula debe observarse durante 1 min. Para detectar las fugas existentes.
- e. Expresión de resultados. Para una válvula de asientos de metal no debe existir fuga audible o visible durante un minuto a la presión de prueba de la tabla. Para válvulas con asientos blandos no debe existir fuga apreciable durante un minuto a la presión de prueba apta para su uso.
 - La existencia de cualquier fuga audible o visible es causa de rechazo de la prueba.

Nota:

Existen métodos cualitativos para la prueba con aire a temperatura ambiente o nitrógeno, que indican la existencia de fuga entre los asientos (prueba del papel mojado o engrasado en la brida de salida), pero que sólo indican si existe relativamente mucha o poca fuga, por lo que no deben utilizarse como criterios de aceptación de hermeticidad para válvulas de seguridad, ya que al no tener punto de comparación mensurable, son métodos subjetivos y el criterio varía de persona a persona.

Banco de Pruebas

Al realizar regulaciones en el banco de pruebas se debe tener la precaución que las válvulas que estén marcadas para su uso en vapor o que tengan partes internas especiales para uso en vapor, deben ser probadas preferentemente con vapor, sin embargo, y debido a que la gran mayoría de este tipo de aplicaciones están por encima de la capacidad de producción de vapor de un banco de pruebas de laboratorio, por su tamaño o límite de presión de ajuste, pueden ser probadas con aire. Las válvulas marcadas para uso en aire, gases o vapores de gases, deben ser probadas preferentemente con aire. A su vez las válvulas marcadas para uso en líquido deben ser probadas preferentemente con agua

Verificación de la presión de ajuste y diferencial de cierre

- a. La presión en el banco de pruebas se debe incrementar en forma gradual, de tal forma que permita identificar los diferentes puntos de presión (según aplique) sin confundir lo que es la presión de ajuste de la válvula.
- b. La prueba debe realizarse en tres ocasiones con el objeto de asegurar que la lectura de los valores observados se repita.



Apéndice F Torres Fraccionadoras de los Trenes de Fraccionamiento de la Planta de Fraccionamiento, Almacenaje y Despacho Jose
Fuente: Elaboración Propia



Apéndice G Balas de Almacenamiento de LGN
Fuente: Propia



Apéndice H Tratadores de Propano Tren "A"
Fuente: Propia



Apéndice I Tratadores de Propano Tren "B"
Fuente: Propia



Apéndice J Tratadores de Propano Tren "C"
Fuente: Propia



Apéndice K Válvula con Pin guía y Eje Obstruido
Fuente: Propia