

**GERENCIA DEL RIESGO EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA
CADENA DE VALOR DEL GAS NATURAL**

**LEIDY BIBIANA RAMÍREZ PARADA
LUIS EARLES DELGADO DELGADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEROS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2010

**GERENCIA DEL RIESGO EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA
CADENA DE VALOR DEL GAS**

**LEIDY BIBIANA RAMIREZ PARADA
LUIS EARLES DELGADO DELGADO**

Monografía para optar al título de Especialista en Ingeniería del Gas

Director

Nicolás Santos Santos – *M.Sc.*

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEROS
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA DEL GAS
BUCARAMANGA**

2010

DEDICATORIA

A Dios por darme todo.

A mi padre por su apoyo incondicional sin medida.

A mi Madre por su amor incalculable.

A Laura Andrea por su forma de ver las cosas.

A mis abuelos por todas sus enseñanzas.

A Luis Earles Delgado por su energía y sabiduría

A todos los que hicieron parte de este proceso.

De Leidy Bibiana Ramírez Parada

DEDICATORIA

A mi esposa Martha y nuestros tesoros Daniel David y Karen Elena.

De Luis Earles Delgado

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A Dios todo poderoso que nos ha conservado con vida, con salud, que nos dio inteligencia, y nos ha guiado y cuidado hasta hoy.

A CONFIPETROL por el apoyo continuo y completo para el desarrollo de esta Especialización.

A la Universidad Industrial de Santander.

A Nicolás Santos Santos, por su colaboración, confianza.

A Olga Patricia Ortiz, por su motivación y tiempo dedicado para guiarnos.

A Luis Eduardo Jaimes, nuestro asesor y consultor.

A nuestro grupo de trabajo de la especialización por su apoyo y consejos.

A Martha Cervantes por su colaboración y dedicación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. GAS NATURAL	19
1.1 FUENTES	19
1.1.1 Escenario Internacional	19
1.1.2 Fuentes en Colombia	19
1.2 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS GASES EN COLOMBIA	21
1.3 NORMATIVIDAD Y ENTIDADES REGULADORAS DEL SECTOR GAS EN COLOMBIA	23
2. GERENCIA DEL RIESGO	26
2.1 APLICACIÓN – NO APLICACIÓN DE LA GERENCIA DEL RIESGO	26
2.2 OPORTUNIDADES DERIVADAS DE LA GERENCIA DEL RIESGO	27
2.3 LA GESTIÓN DEL RIESGO	27
2.3.1 Elementos del riesgo	28
2.3.2 Caracterización de riesgos	29
2.3.3 Evaluación de riesgos	29
2.3.4 Tratamiento de riesgos	30
2.3.5 Políticas de la gestión del riesgo	31
2.3.6 Proceso de gerencia de riesgos	31
2.3.7 Responsabilidad organizacional en la gestión de riesgos	32
3. LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA LA GERENCIA DEL RIESGO EN LA CADENA DEL GAS	34
3.1 LA CADENA DEL GAS NATURAL	34
3.1.1 Etapa de Producción-Tratamiento (<i>Upstream</i>)	35

3.1.2	Etapa de Transporte	36
3.1.3	Etapa de Distribución	37
3.2	LINEAMIENTOS BÁSICOS	38
3.2.1	Liderazgo y responsabilidad	40
3.2.2	Factor Humano - Empresa	41
3.2.3	Factor Humano – Contratistas y Proveedores	42
3.2.4	Sensibilización de los riesgos con la comunidad	43
3.2.5	Seguridad en el diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos	44
3.2.6	Operación y mantenimiento de los procesos.	45
3.2.7	Manejo del cambio	47
3.2.8	Evaluación de riesgos	47
3.2.9	Riesgos asociados con el producto	48
3.2.10	Manejo de incidentes	49
3.2.11	Respuesta a emergencias	50
3.2.12	Situaciones y manejo de ataques terroristas	51
3.3	AUDITORIA	52
4.	GESTIÓN DEL RIESGO EN LA CADENA DE VALOR DEL GAS NATURAL	55
4.1	LIDERAZGO Y RESPONSABILIDAD - CULTURA ORGANIZACIONAL	55
4.2	FACTOR HUMANO – EMPRESA	57
4.3	FACTOR HUMANO – CONTRATISTAS Y PROVEEDORES	58
4.4	SENSIBILIZACION DE LOS RIESGOS CON LA COMUNIDAD	59
4.5	SEGURIDAD EN EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIÓN DE INSTALACIONES Y PROCESOS.	60
4.6	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PROCESOS.	63
4.7	MANEJO DEL CAMBIO	69

4.8	EVALUACIÓN DE RIESGOS	70
4.9	RIESGOS ASOCIADOS CON EL PRODUCTO	71
4.10	MANEJO DE INCIDENTES	73
4.11	RESPUESTA A EMERGENCIAS	74
4.12	SITUACIONES Y MANEJO DE ATAQUES TERRORISTAS	77
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las reservas de gas en el mundo.	20
Figura 2. Reservas Gas Natural América Latina.....	20
Figura 3. Reservas en Colombia	21
Figura 4. Regulación del sector Gas.....	25
Figura 5. Gestión del Riesgo.....	28
Figura 6. Diagrama de Valoración del Riesgo.....	31
Figura 7. Elementos del proceso de Gestión de Riesgos.....	32
Figura 8. Etapas de la cadena de valor del gas.....	35
Figura 9. Interrelación de los componentes de la gestión del riesgo.....	54
Figura 10. El individuo como eje de la cultura organizacional	56
Figura 11. Esquema de gestión humana.....	57
Figura 12. Esquema de gestión de contratistas y proveedores.....	58
Figura 13. Esquema de gestión de sensibilización de los riesgos con la comunidad....	59
Figura 14. Esquema de gestión de seguridad en el diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos.	60
Figura 15. Esquema de gestión de confiabilidad operacional.	63
Figura 16. Esquema de gestión de la operación y mantenimiento de los procesos.	65
Figura 17. Esquema de gestión del manejo del cambio.	69
Figura 18. Esquema de gestión evaluación del riesgo.	70
Figura 19. Esquema de gestión de riesgos asociados con el producto.	71
Figura 20. Esquema de gestión en manejo de incidentes.....	73
Figura 21. Esquema de gestión de respuestas a emergencias.....	74
Figura 22. Esquema de gestión de situaciones y manejo de ataques terroristas.	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición y propiedades de los principales gases comercializados en Colombia.	22
Tabla 2. Componentes de la Gestión de Riesgos.	39
Tabla 3. Clasificación de emergencias	76

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODOS DE ESTUDIOS DE ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS .84	
ANEXO 2. INTEGRIDAD MECÁNICA	122
ANEXO 3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	132
ANEXO 4. PELIGROS DEL GAS	137
ANEXO 5. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM).....	144

ACRONISMOS

ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
CCPS	Center for Chemical Process Safety
DOE	U.S. Department of Energy
DOT	U.S. Department of Transportation
FTAP	Fault Tree Analysis Program
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
HAZOP	Hazard and Operability
HHC	Highly Hazardous Chemical
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISA	Instrument Society of America
JHA	Job Hazard Analysis
MSDS	Material Safety Data Sheet
NFPA	National Fire Protection Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PEL	Permissible Exposure Limit
PHA	Preliminary Hazards Analysis
PrHA	Process Hazard Analysis
PSI	Process Safety Information
PSM	Process Safety Management
PSR	Pre-Startup Safety Review
SOP	Standard Operating Procedure
TLV	Threshold Limit Value
TQ	Threshold Quantity
UFL	Upper Flammability Limit

RESUMEN

TITULO: GERENCIA DEL RIESGO EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CADENA DE VALOR DEL GAS NATURAL*

AUTORES: LEIDY BIBIANA RAMIREZ PARADA Y LUIS EARLES DELGADO DELGADO**

PALABRAS CLAVES: Gerencia, Gestión, Riesgo, Seguridad, Gas Natural, Lineamientos, Módulo.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

La industria del gas natural a lo largo de su cadena de valor, desde su producción hasta su distribución lleva asociado a su alrededor una serie de riesgos, los cuales deben ser gerenciados de una manera sistemática, para evitar accidentes que conlleven a daños a las personas, a los activos y al medio ambiente.

Este trabajo es la concepción de un módulo o documento guía para personal directivo de las empresas del sector del gas, que frecuentemente están enfrentándose a diferentes situaciones de riesgo presentadas en la operación y el mantenimiento de las facilidades de su cadena de valor.

Inicialmente se presenta una valoración de las fuentes del gas en el ámbito internacional y nacional, así como también una descripción breve del compuesto gas natural.

Seguidamente, se presenta el tema de riesgo desde la óptica de gestión y gerencia, enfatizando elementos característicos del mismo.

Se desarrolla el tema central agrupando los lineamientos en tres componentes: el humano, técnico – operativo y de control. En el componente humano tenemos: Liderazgo y responsabilidad, factor humano empresa, factor humano contratistas, sensibilización del riesgo con la comunidad; en el componente técnico – operativo se encuentran: Diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos, operación y mantenimiento de los procesos, manejo del cambio, evaluación de riesgos; y en el componente de control: Riesgos asociados con el producto, manejo de incidentes, respuesta a emergencias y situaciones y manejo de ataques terroristas. Luego se identifican y describen cada uno de ellos, enumerando en cada uno de sus elementos constitutivos.

Finalmente, se desarrolla el módulo guía para la gestión del riesgo en la cadena de valor del gas natural, desarrollando cada lineamiento para cada una de las etapas de la cadena de valor.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Asesor *M.Sc. Nicolás Santos*

SUMMARY

TITLE: RISK MANAGEMENT IN OPERATION AND MAINTENANCE OF THE NATURAL GAS VALUE CHAIN*

AUTHORS: LEIDY BIBIANA RAMÍREZ PARADA AND LUIS EARLES DELGADO DELGADO**

KEY WORDS: Management, Risk, Handling, Safety, Natural Gas, Guidelines.

CONTENTS:

The natural gas industry along the value chain, from production to distribution is associated with a number of risks, which must be management of a systematic way to prevent accidents that lead to damage to persons, the assets and the environment.

This monography comes from structuring a paper or guideline for gas industry CEO's, who regularly are facing diverse risk circumstances on hand in maintenance and operation of the natural gas value chain.

First at all, it carries out an assessment of the countrywide and worldwide gas sources, also a brief description of natural gas compound.

Then, it shows up the risk subject looking from management eyes, focusing in the characteristic elements of that subject.

Theme is developed by grouping the guidelines into three components: human, technical - operational and control. In the human component are: Leadership and responsibility, human factors in company, human factor contractors, raising the risk to the community; in the technical - operational component are:: Design, construction and expansion of facilities and processes, operation and maintenance processes, management of change and risk assessment; and control component: Risks associated with product, incident management, emergency response and management of situations and terrorist attacks. Then identify and describe each one, listing in each of its constituent elements

At last, it develops the guide chapter for the risk management in the gas value chain, unrolling each guideline for each gas value stages.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Asesor *M.Sc.* Nicolás Santos

INTRODUCCIÓN

La industria del gas es ese tipo de industrias que desde cualquier punto de vista, requiere una atención y cuidado excesivo debido a la participación de materiales con alto grado de peligrosidad como el gas natural (principal compuesto del proceso). La presencia de grandes volúmenes de materiales inflamables y tóxicos, uso de altas presiones y temperaturas, costos de inversión e impactos potenciales en los alrededores de los proyectos, hacen de la gerencia del riesgo en esta industria una estrategia esencial para el continuo desarrollo de las compañías dedicadas a esta industria. Así, la industria del gas requiere un gerenciamiento que vincule conceptos de análisis de riesgo, garantizando la integridad de los procesos, las personas y el medio en donde se desarrolla este recurso energético. Las compañías deben direccionar sus esfuerzos y estrategias para realizar operaciones altamente seguras y costo efectivos, con actividades de mantenimiento dirigidas bajo estos mismos lineamientos, todo basado y soportado en la reglamentación vigente aplicada a cada área y etapa de la cadena del gas.

Todo esto conlleva a cómo las directrices generales de la gestión del riesgo permiten plantear unos lineamientos básicos para aplicar en la cadena de valor del gas, desde la etapa de producción-tratamiento, pasando por la etapa de transporte y contemplando también la etapa de distribución. Quienes están a la cabeza de las compañías y toman las decisiones, deben tener la mayor certeza posible de los riesgos que se generan en esta industria, las consecuencias y tomar medidas para controlar su impacto. Cuando se logra esto, la gestión del riesgo se convierte en el negocio de todos en la organización. La gestión del riesgo en la presente monografía, quiere dar una nueva forma de acopiar la múltiple información en el tema del gas natural y poderla recopilar en un solo documento guía para las personas vinculadas al sector del gas.

1. GAS NATURAL

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos en estado gaseoso, que en su mayor parte está constituida por metano y etano y en menor proporción por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados. Generalmente, esta mezcla contiene impurezas tales como vapor de agua, gas carbónico y nitrógeno. Otras veces puede contener impurezas como sulfuro de hidrógeno, mercaptanos y helio.^[1]

1.1 FUENTES

1.1.1 Escenario Internacional

De acuerdo con las estadísticas y la publicación de *BP Statistical Review of World Energy* de Junio de 2010, las reservas mundiales de gas natural probadas hasta 2009 ascienden a 187.49 terametros cúbicos (Tm³). La Figura 1 muestra la distribución de las reservas de gas natural en el mundo. Los países de América Latina incluyendo a Trinidad y Tobago corresponden a cerca de 4,3% de las reservas mundiales, las cuales se encuentran distribuidas como lo muestra la Figura 2.

1.1.2 Fuentes en Colombia

En Colombia existen campos de producción de gas natural, las cuencas de la Guajira y de los Llanos Orientales son las de mayor producción; en 2008 contribuyeron con alrededor del 60% y del 25% de la producción nacional respectivamente.^[1]

Proved reserves at end 2009
Trillion cubic metres

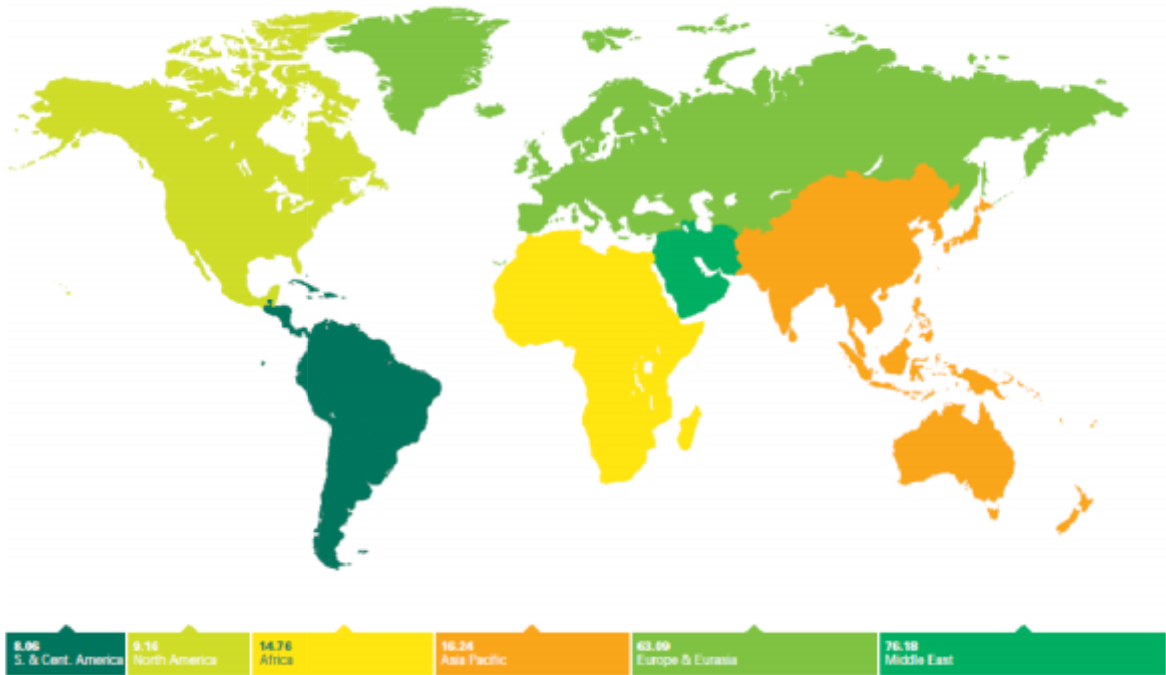


Figura 1. Distribución de las reservas de gas en el mundo.
Fuente: *BP Statistical Review of World Energy*, June 2010.

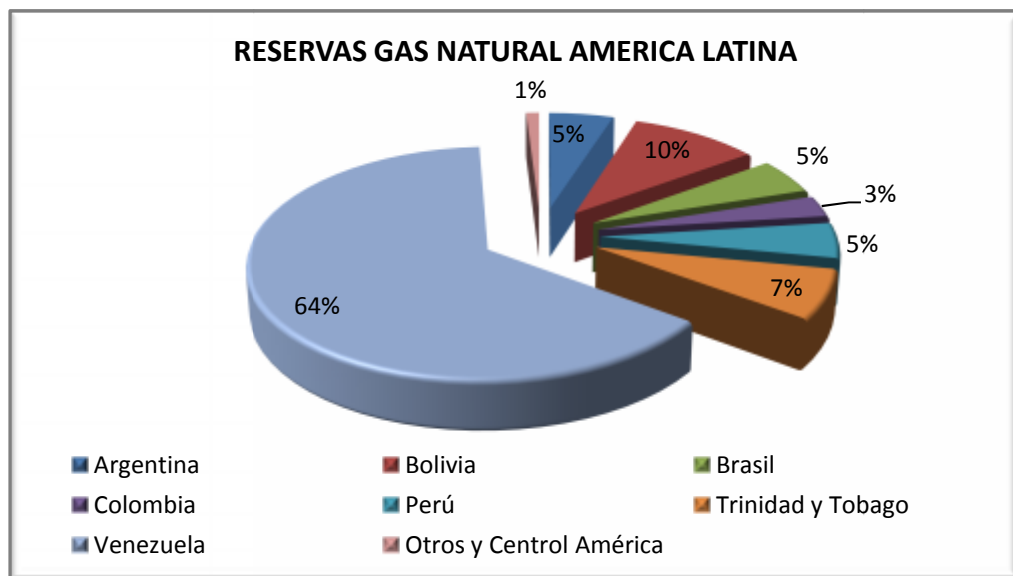


Figura 2. Reservas Gas Natural América Latina.
Fuente: *International Energy Outlook* y *BP Statistical Review of World Energy*, 2010.

En cuanto a las reservas, el 85% de las reservas de gas natural en el país se encuentran en dos regiones: el norte de la Costa Caribe en los campos Ballena y Chuchupa, y en la región de los Llanos Orientales y Piedemonte llanero en los campos de Apiay, Cusiana y Cupiagua. A Diciembre 31 de 2006, el país contaba con las reservas mostradas en la Figura 3.

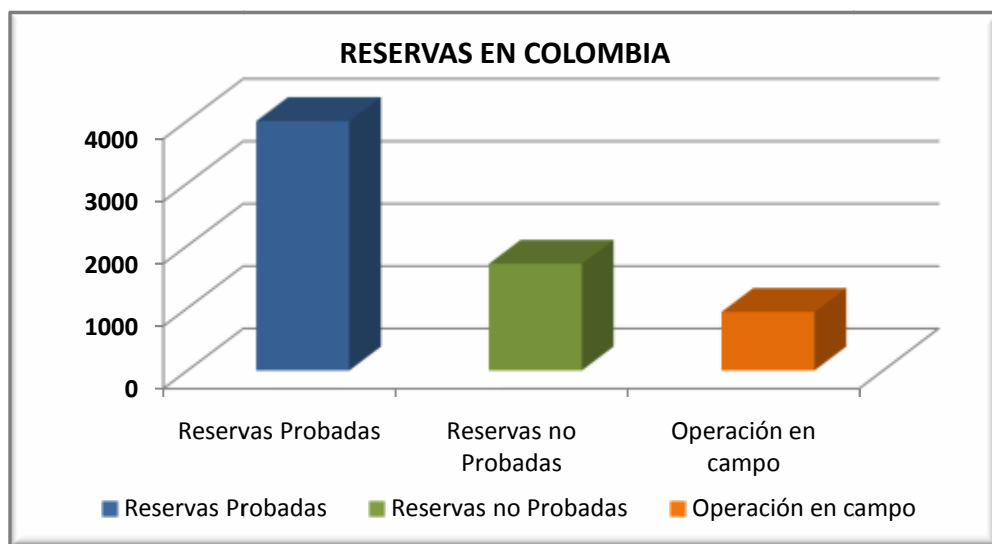


Figura 3. Reservas en Colombia
Fuente: Ecopetrol S.A

1.2 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS GASES EN COLOMBIA

La composición de los gases en Colombia no es constante, ya que dicha composición depende de las condiciones del yacimiento del cual haya sido extraído. La composición de los gases que se extraen en los principales yacimientos de Colombia se encuentra resumida en la Tabla 1.

Tabla 1 Composición y propiedades de los principales gases comercializados en Colombia.

ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	APIAY	CUSIANA	CHUCHUPA-BALLENA	GÜEPAJÉ
COMPOSICIÓN					
METANO	%	82.295	76.513	97,69	96.748
ETANO	%	12.440	11.591	0,42	0.589
PROPANO	%	2.190	4.478	0,12	0.148
i-BUTANO	%	0.020	0.729	0,07	0.069
n-BUTANO	%	0.024	0.785	0.000	0.021
i-PENTANO	%		0.132	0.000	0.014
n-PENTANO	%		0.079	0.000	0.004
HEXANO	%		0.029	0.000	0.051
HEPTANO	%			0.000	0.000
OCTANO	%				
NTROGENO	%	0.837	0.430	1,4	2.308
CO2	%	2.194	5.234	0,3	0.047
OXÍGENO	%			0.000	
		100.0	100.0	100.0	100.0
PROPIEDADES					
PESO MOLECULAR		19.13	21.22	16.36	16.54
GRAVEDAD ESPECIFICA		0.661	0.733	0.565	0.57
PODER CALORIFICO BRUTO REAL 14,65 psi - 60°F	Btu/pie3	1 ,107.5	1150.0	1.002.40	996.2
GPM (80% RECUPERACIÓN DE PROPANO)	Gal/kpc	0.65	1.84		0.09

Fuente: "CALIDAD DE GASES COMERCIALIZADOS EN COLOMBIA", Ecopetrol - Gerencia de Gas, Junio de 2004.

1.3 NORMATIVIDAD Y ENTIDADES REGULADORAS DEL SECTOR GAS EN COLOMBIA

En Colombia, la cadena del gas está regulada en su mayoría por entidades gubernamentales y siguiendo directrices de entidades internacionales. Un resumen del estado regulador del sector gas actual, se observa en la Figura 4.

Las principales entidades reguladoras de la cadena del gas en Colombia son:

- Ministerio de Minas y Energía (MME): Adopta la política nacional en materia de exploración, explotación, transporte, refinación, procesamiento, beneficio, transformación y distribución de minerales e hidrocarburos, así como la política sobre generación, transmisión, interconexión, distribución, establecimiento de normas técnicas en materia de energía eléctrica, sobre el uso racional de energía y el desarrollo de fuentes alternas, y en general, sobre todas las actividades técnicas, económicas, jurídicas, industriales y comerciales relacionadas con el aprovechamiento integral de los recursos naturales no renovables y de la totalidad de las fuentes energéticas del país. <http://www.minminas.gov.co/minminas>.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG): su objetivo es regular los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible de manera técnica e independiente. http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSP): Es un organismo de carácter técnico, encargado de velar por los intereses de los consumidores residenciales para controlar la prestación del servicio.

Controla, vigila, fiscaliza, sanciona e interviene a las empresas del sector domiciliario. <http://www.superservicios.gov.co/home/web/guest/inicio>.

- Consejo Nacional de Operación del Gas (CNOG): Asesora a la CREG y busca que la operación integrada del Sistema Nacional de Transporte del Gas Natural sea confiable, segura y económica.

Algunos decretos concretos a actividades específicas, se referencian a continuación como base general para la etapa descrita:

Etapa: Transporte

Resolución 057 DE 1996 [Capítulo IV - DEL TRANSPORTE DE GAS NATURAL]

Etapa: Distribución

Resolución 057 DE 1996 [Capítulo V - DE LA COMERCIALIZACIÓN A GRANDES CONSUMIDORES DE GAS NATURAL]

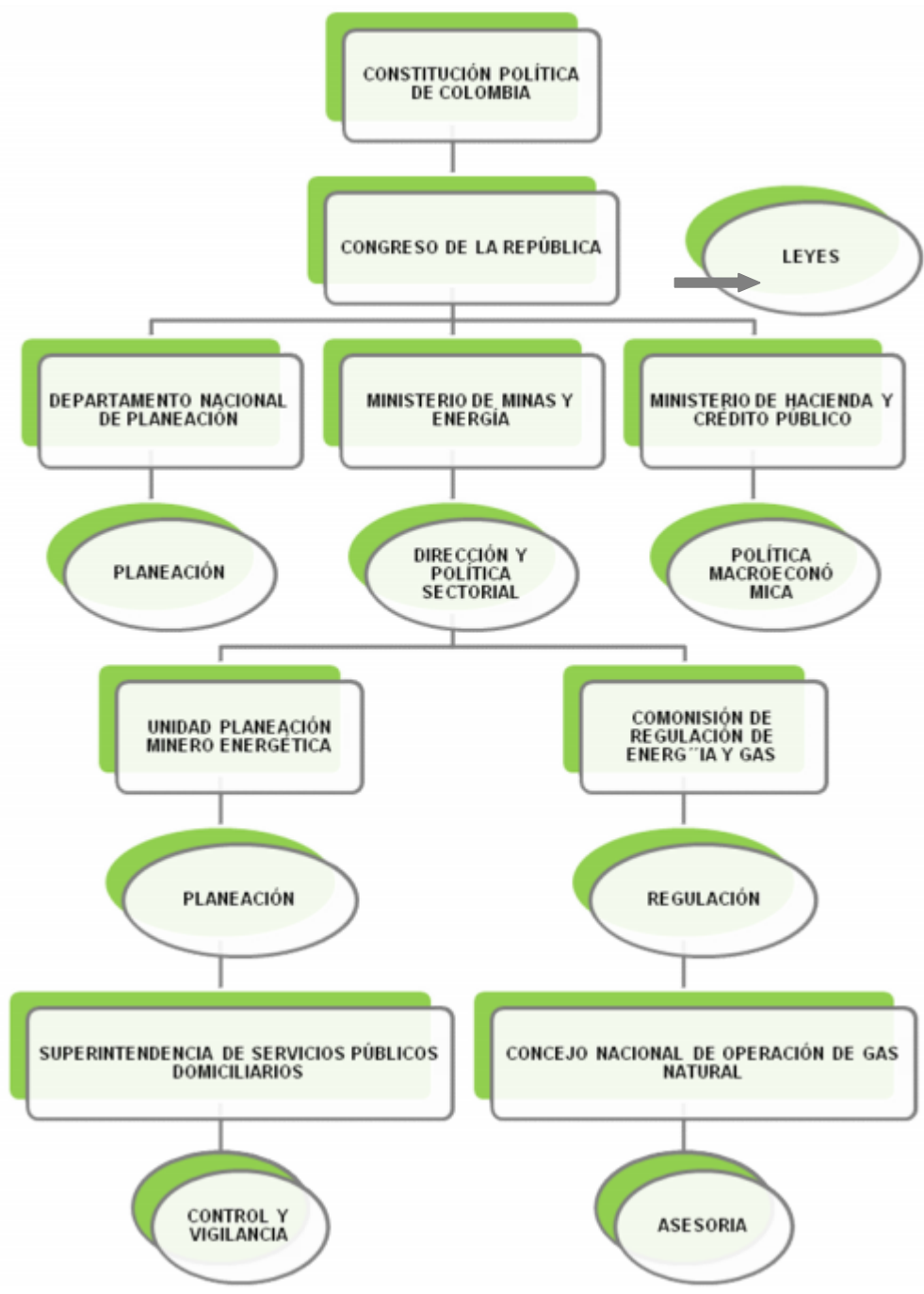


Figura 4. Regulación del sector Gas
Fuente: Ecopetrol S.A

2. GERENCIA DEL RIESGO

La gerencia del riesgo es un proceso, ordenado, sistemático que permite establecer el contexto, la identificación, análisis, evaluación, tratamiento, seguimiento y comunicación de los riesgos asociados a cualquier actividad, de manera que permita a una organización minimizar las pérdidas y maximizar las oportunidades. ^[2]

También, busca conocer la gravedad de las consecuencias probables para cada nivel de respuesta de la gerencia y la toma de decisiones. Esto quiere decir que la gestión de riesgos trata de evitar el riesgo por completo.

2.1 APLICACIÓN – NO APLICACIÓN DE LA GERENCIA DEL RIESGO

La gestión del riesgo se ha convertido en otro valor en la cultura de una empresa. Quienes toman las decisiones deben saber acerca de los posibles resultados para tomar medidas y controlar su impacto. La gestión del riesgo ya está ampliamente reconocida como parte integral de buenas prácticas de gestión, con la posibilidad de posicionarse en el sector del gas. Para una mayor eficacia, la gestión del riesgo debe ser parte de una cultura de la organización, al estar integrado en su filosofía, prácticas y planes de negocio, en lugar de verse o practicarse como un programa independiente.

La otra cara es la ausencia de la gestión de riesgos, que va a ocasionar consecuencias adversas como:

- Lesiones personales
- Daños al medio ambiente
- Pérdidas para la comunidad
- Pérdidas financieras de la organización

- Pérdida del prestigio profesional o técnica
- Daños a la salud pública
- Cargos penales

2.2 OPORTUNIDADES DERIVADAS DE LA GERENCIA DEL RIESGO

El enfoque de la gestión de riesgos además de realizar una evaluación de riesgos negativos, que pueden traer pérdidas o resultados no deseados, también puede ser usado para identificar y priorizar las oportunidades (riesgos positivos) con pequeños cambios en el proceso.

El análisis del “riesgo positivo” implica identificar:

- Algunas consecuencias positivas asociadas (oportunidades/beneficios) que compensarían las consecuencias negativas de determinados acontecimientos de eventos particulares, como se señala en un análisis de riesgo tradicional.
- Las oportunidades o beneficios, que podrían derivarse de un conjunto de eventos seleccionados exclusivamente sobre la base de su potencial, para lograr resultados positivos. ^[2]

2.3 LA GESTIÓN DEL RIESGO

Por definición riesgo, sobre la gestión de riesgos, es la probabilidad de que ocurra algo que tendrá un impacto sobre los objetivos, y se mide en términos de consecuencias y probabilidad. El riesgo en la industria del gas, está influenciado por las amenazas y la vulnerabilidad que el sistema tenga, ya sea en el proceso o en las instalaciones. La Figura 5 ilustra rápidamente como la gestión del riesgo debe estar atenta a esta interrelación.



Figura 5. Gestión del Riesgo

2.3.1 Elementos del riesgo

Hay tres elementos básicos, los cuales son:

El evento: Un incidente o situación que se produce en un lugar determinado durante un intervalo de tiempo determinado. ^[3]

Las probabilidades del evento: Una descripción cualitativa de la probabilidad o frecuencia. ^[3]

Las consecuencias del evento: El resultado de un evento expresado cualitativa o cuantitativamente, de ser una pérdida, lesión, desventaja o ganancia. Puede haber una gama de resultados posibles asociados a un evento. ^[3]

Para un evento en particular, la probabilidad y consecuencias pueden ser combinadas para producir un nivel de riesgo, ya sea de forma cuantitativa o cualitativa ^[4]. El tratamiento del riesgo es la selección y aplicación de las opciones adecuadas para hacer frente al riesgo.

2.3.2 Caracterización de riesgos

Al caracterizar los riesgos, es necesario distinguir entre las fuentes de riesgo y las causas de los eventos de riesgo. Los eventos de riesgo potencial dentro de una organización se pueden asociar con una amplia gama de categorías de fuentes que incluyen: política, clientes, medio ambiente, económico, finanzas, salud, seguridad, diseño, construcción, operación y mantenimiento, seguridad de los activos, organización, eventos naturales, entre otros.

Es importante reconocer que, si bien superficialmente algunos eventos pueden parecer causados por el material o el fracaso del sistema, en última instancia, todos los eventos de riesgo pueden surgir como consecuencia de la naturaleza humana o el comportamiento en alguna etapa de la cadena de acontecimientos anteriores; así incluimos ejemplos como: error humano, conocimiento insuficiente o limitado, experiencia insuficiente, cambios en las percepciones de la comunidad e incertidumbre sobre el futuro (fenómenos naturales). También, además de factores humanos, están los riesgos comunes en las organizaciones y que están relacionadas con situaciones como: falta de reconocimiento y aprovechamiento de oportunidades, falta de un proyecto para alcanzar sus objetivos, falta de infraestructura física, equipos, insatisfacción del cliente, publicidad desfavorable, amenaza para la seguridad física, gestión inadecuada, incumplimiento de responsabilidad legal o contractual, fraude, deficiencias en los controles financieros, entre otros.

2.3.3 Evaluación de riesgos

La base de la gerencia de riesgos para cualquier organización es la evaluación de los riesgos identificados. Esto implica:

- Determinación de la probabilidad y consecuencias
- Nivel de estimación de riesgos

- Evaluar y priorizar los riesgos

2.3.4 Tratamiento de riesgos

Una estrategia de tratamiento de riesgo es una forma de hacer frente a un riesgo para ^[4]:

- Reducir el riesgo a un nivel aceptable o por debajo de éste
- Transferir o evitar el riesgo
- Aceptarlo

Esto implica la definición de uno o más criterios para la designación de los niveles aceptables de riesgo. En principio, esta estrategia implica la aplicación de medidas de control de reducción de riesgo a través de una o más de las iniciativas de gestión o en curso los procedimientos operativos. Las estrategias de tratamiento del riesgo debe ser una parte de las iniciativas de gerencia aplicables y procedimientos operacionales. La

Figura 6 ilustra una forma de valoración del riesgo en una organización.



Figura 6. Diagrama de Valoración del Riesgo

2.3.5 Políticas de la gestión del riesgo

Las políticas o estrategias de gerencia deben contener los siguientes componentes de gestión de riesgos:

- Los objetivos y fundamentos para la gerencia del riesgo.
- Vínculo de los objetivos de gerenciamiento del riesgo con el plan estratégico de la organización empresarial.
- Serie de riesgos que deben ser administrados.
- Orientación sobre lo que puede considerarse como un riesgo aceptable.
- Nivel de la documentación necesaria.
- Cargos (personal responsable) de la gestión del riesgo.
- Las fuentes de apoyo y técnicos disponibles para ayudar a los responsables de la gestión de riesgos.
- Examen de rendimiento de la organización respecto a la gestión del riesgo (Auditoria).

2.3.6 Proceso de gerencia de riesgos

Los principales elementos del proceso de gestión de riesgo son:

- Establecimiento del contexto
- Identificación de los riesgos
- Análisis de riesgos
- Evaluación de riesgos
- Tratamiento o control de riesgos
- Seguimiento y revisión.

La Figura 7 muestra la secuencia de estos elementos y su interrelación en el proceso de gestión de riesgos.



Figura 7. Elementos del proceso de Gestión de Riesgos

La comunicación y la consulta deben tener lugar en todas las etapas del proceso, y deben implicar a las partes interesadas externas, además de una sección transversal del personal de la organización.

2.3.7 Responsabilidad organizacional en la gestión de riesgos

Para que la gestión de riesgo sea efectiva en una organización, tiene que ser promovida por la organización en todos los niveles e integrarse en la cultura del día a día en las operaciones de la organización.

Los mecanismos de gestión de riesgo deben ser componentes importantes de la filosofía de cada organización, las metas y las prácticas aceptadas que deben reflejarse en sus planes de negocios y programas de capacitación. ^[5]

La cultura organizativa es probable que sea un grave obstáculo para la aplicación de programas de gestión del riesgo y los directivos tendrán que ser

conscientes de ello y adoptar medidas para cambiar la cultura de donde y cuando sea necesario.

Las medidas que se podrían aplicar típicamente son:

- Capacitación a los administradores en todos los niveles para gestionar los riesgos.
- Reconocer, recompensar y difundir las prácticas eficaces de gestión de riesgo.
- Proporcionar oportunidades al personal para discutir las opciones y así evitar la recurrencia de los problemas.
- Procurar importancia a los resultados positivos, evitando darle menor importancia que a los negativos.
- Fomentar el aprendizaje de los dos resultados positivos y negativos, incluyendo los inesperados o indeseables.
- Evitar la reintroducción de controles restrictivos.

3. LINEAMIENTOS BÁSICOS PARA LA GERENCIA DEL RIESGO EN LA CADENA DEL GAS

Toda organización debe mantener guías de orientación como preceptos fundamentales en la operación de sus procesos, porque ellas son la base fundamental del desarrollo de la compañía a todo nivel, es decir humano, técnico y de seguridad. Así, en el establecimiento de lineamientos dentro de la compañía, estos pueden proceder de varias fuentes tales como políticas y objetivos corporativos, requisitos legales, evidencia científica, práctica y conocimiento de la industria del gas, entre otros. Estos lineamientos están formados por unos elementos, que deben estar involucrados en cada una de las etapas que conforman la cadena de valor del gas natural, y que son establecidos por organismos reguladores nacionales o internacionales y en muchos casos establecen límites para el desarrollo de la industria del gas.

3.1 LA CADENA DEL GAS NATURAL

A continuación, se presenta un diagrama general de las etapas por las que el gas natural pasa desde su extracción (explotación) hasta la fase final o entrega a los consumidores. Estas etapas dejan ver la complejidad de los procesos que la compañía realiza y por ende la magnitud de riesgos en cada una de ellas. La Figura 8 presenta estas etapas de la cadena del gas.

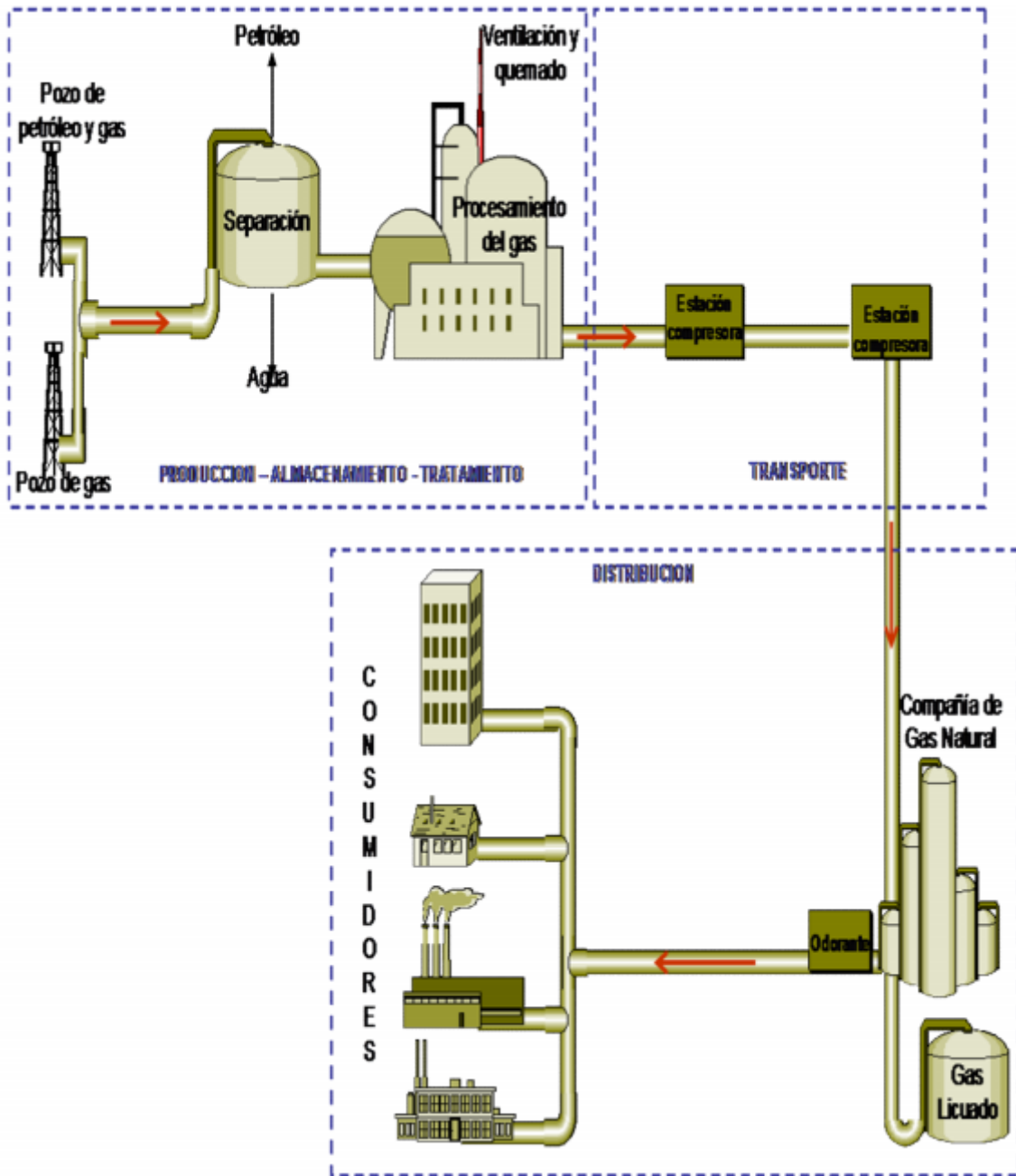


Figura 8. Etapas de la cadena de valor del gas

3.1.1 Etapa de Producción-Tratamiento (*Upstream*)

Esta etapa comprende actividades de exploración, producción y transporte desde la cabeza de pozo hasta la cabecera del gasoducto troncal. En Colombia existen dos regiones en las cuales se encuentra aproximadamente el 85% de

las reservas de Gas Natural, la primera es el norte de la Costa Caribe en los campos de Ballena y Chuchupa, la segunda región es la que se encuentra en la región de los Llanos Orientales y Piedemonte llanero en los campos de Apiay, Cusiana y Cupiagua.

En esta etapa, se realizan operaciones y procesos para tratar el gas natural y llevarlo a condiciones estándares y de ley para su transporte y distribución final. Las principales operaciones están dirigidas a purificar el gas, tales como deshidratación, retiro de azufre y otras impurezas presentes en la producción. Otras operaciones, de carácter físicas, están dirigidas a manipular el gas y son la compresión y control de temperatura.

3.1.2 Etapa de Transporte

Existe en Colombia más de 3,882 km de sistema de transporte de gas que cubre la demanda de aproximadamente un 42% de los hogares colombianos. El Sistema Nacional de Transporte de gas natural colombiano, vincula los centros de producción de gas con los centros de consumo, excluyendo conexiones y gasoductos dedicados, sistemas de distribución, usuarios no regulados, interconexiones internacionales y sistemas de almacenamiento.

Hay dos subsistemas de la Red Nacional de Gasoductos, en propiedad, operación y funcionamiento, de un lado conformada por el subsistema de la Costa Atlántica con la línea Ballena-Barranquilla-Cartagena-Cerromatoso el cual pertenece a PROMIGÁS. Por otra parte el subsistema que comprende principalmente las líneas Ballena-Barrancabermeja-Vasconia-Cali, Cusiana-Apiay-Bogotá y Cusiana-La Belleza-Vasconia-Cali, propiedad de ECOGAS, más las líneas Sebastopol-Medellín de la empresa TRANSMETANO, Payoa-Provincia-Bucaramanga de TRANSORIENTE, Estación de entrega Yumbo-Cali de propiedad de TRANSOCCIDENTE, Campo de producción de Hobo-Neiva de PROGASUR, estación Cogua-Bogotá de TRANSCOGÁS y el Gasoducto del

Tolima compuesto de dos líneas pequeñas, conocido como el subsistema de transporte del interior. Las empresas transportadoras de gas natural que operan actualmente en el país son ocho: PROMIGÁS, ECOGAS, TRANSMETANO, TRANSCOGÁS, TRANSOCCIDENTE, TRANSORIENTE, GASODUCTO DEL TOLIMA y PROGASUR.

3.1.3 Etapa de Distribución

La actividad de distribución es ejercida por cerca de 30 agentes, atendiendo aproximadamente 5'000,000 de usuarios, que se distribuyen así: 98.4% en el sector residencial, 1.5% sector comercial y 0.07% sector industrial. El sistema de distribución de Gas natural podría ser calificado como un sistema crítico, es decir, la falla o parada no programada de alguno de ellos detiene el proceso desde lo productivo, con las consecuentes pérdidas económicas.

El sistema de distribución de gas natural está compuesto por tuberías destinadas al abastecimiento domiciliario de gas a una o varias comunidades urbanas o suburbanas. Este sistema está comprendido entre la estación receptora (*City Gate*) y la salida del registro (válvula) de corte en la acometida de los usuarios del sistema, incluido las estaciones de regulación, las válvulas y los accesorios.

El diseño, construcción, operación y mantenimiento de un sistema de distribución de gas está determinado principalmente por las normas NTC 3838 (Sobre Presiones), 3728 (Sobre Redes de Distribución Urbana) 2505 (Sobre instalaciones en edificaciones residenciales y comerciales) y 3949 (Sobre Estaciones de Regulación de Presiones para Redes de Distribución de Gas Combustible). También, una falla de la red de distribución de gas pudiera ocasionar impactos catastróficos en equipos, materiales y personas.

Un sistema de distribución tiene unos elementos básicos:

-Estaciones Puerta de Ciudad (City Gate). Son estaciones encargadas de recibir el gas de los sistemas de transporte, filtrarlo, medirlo, odorizarlo y regularlo, para entregarlo, al sistema de distribución.

-Líneas Primarias o Redes Troncales. Son sistemas de tuberías destinados a la distribución de gas hacia sectores puntuales de consumo en los centros urbanos o la interconexión de varias comunidades.

-Estación de Distrito o Secundaria. Corresponde a la estación de regulación con entrada de alta presión, generalmente en tubería de acero y salida en media presión en tuberías de materiales plásticos especiales.

-Líneas Secundarias. Son sistemas de tuberías que se derivan de las líneas primarias en las estaciones reguladoras de distrito y se extienden hacia las instalaciones de los usuarios en un sector determinado de la red de distribución. Por lo general se componen de tuberías de materiales plásticos especiales.

-Línea de Acometida. Es la derivación de la línea secundaria que llega hasta el registro (válvula) de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

3.2 LINEAMIENTOS BÁSICOS

En esta sección, se sugiere un número considerable de lineamientos básicos que la compañía debería poner en práctica apropiadamente en cada una de las etapas de la cadena del gas, como orientadores en el establecimiento de la gestión del riesgo en esta industria. Cabe anotar, que todo profesional o trabajador de la compañía puede llegar a ser un evaluador del módulo de gestión del riesgo y establecer bajo criterios bien fundamentados, nuevos lineamientos que conduzcan al mejoramiento continuo de este sistema.

Los lineamientos se agrupan en tres conjuntos o componentes que muestran lo que es la columna vertebral del sistema de gestión de riesgos, teniendo como fundamento el componente humano, el componente técnico u operativo y el componente de control sobre los componentes anteriores. La tabla 2 muestra los tres grupos de componentes con sus lineamientos respectivos.

Tabla 2. Componentes de la Gestión de Riesgos.

COMPONENTE HUMANO	COMPONENTE TECNICO- OPERATIVO	COMPONENTE DE CONTROL
Liderazgo y responsabilidad	Diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos	Riesgos asociados con el producto
Factor Humano Empresa	Operación y mantenimiento de los procesos	Manejo de incidentes
Factor Humano Contratistas	Manejo del cambio	Respuesta a emergencias
Sensibilización de riesgos con la comunidad	Evaluación de riesgos	Situaciones y manejo de ataques terroristas

Como todo sistema, para un buen mantenimiento del mismo, el establecimiento de auditorías como evaluadores es la parte importante en el mejoramiento y excelencia de la gerencia del riesgo en el sector gas. Cada uno de estos lineamientos es descrito en las siguientes secciones que restan del presente capítulo.

COMPONENTE HUMANO

3.2.1 Liderazgo y responsabilidad

El personal de todas las áreas de la organización es responsable de guiar y comprometer el cumplimiento de la salud, seguridad, integridad técnica, metas y objetivos generales de la compañía. Los líderes deben definir claramente los roles y responsabilidades de las áreas, departamentos o unidades, proporcionando los recursos necesarios y mediante la medición, revisión y mejora de los sistemas implementados.

Elementos

a. Cultura organizacional. El personal debe tener comportamientos positivos de acuerdo al sistema de la organización dentro y fuera de la empresa. El líder debe ser ejemplo de esta conducta.

b. Planificación y toma de decisiones. Los líderes deben establecer metas y objetivos claros, roles y responsabilidades, medidas de desempeño, asignación de recursos competentes, conocimientos técnicos especializados, los cuales son la base de la planificación y toma de decisiones en una gestión de riesgos.

c. Comunicación. Debe existir una comunicación bidireccional entre empleados, contratistas y demás sobre temas relacionados con la seguridad y riesgos de los procesos o actividades.

d. Desarrollo, documentación e implementación. La gestión del riesgo debe ser desarrollada, documentada e implementada por toda la organización. Debe tener como subelementos, temas como salud, seguridad, integridad técnica, seguridad ambiental, entre otros.

e. Aprendizaje continuo. Los líderes deben ser parte de grupos que brinden conocimiento de los objetivos de la gestión del riesgo.

3.2.2 Factor Humano - Empresa

El comportamiento de las personas es fundamental para el éxito de la organización, por lo tanto, el personal debe ser cuidadosamente seleccionado y entrenado, y sus competencias deben ser evaluadas periódicamente.

Elementos

a. Personal calificado. Se debe garantizar la incorporación, selección, contratación o transferencia, de personal calificado, competente y apto física y mentalmente para las tareas asignadas.

b. Apoyo. Los empleados y contratistas de la organización deben fomentar y reforzar los comportamientos racionales en cuanto a riesgos, seguridad, salud y medio ambiente.

c. Responsabilidad individual. Se deben definir los roles, responsabilidades y deberes para precisar los objetivos del desempeño individual. Estos deben ser documentados y retroalimentados con el desempeño personal.

d. Lugar de trabajo. Con la participación de los trabajadores los riesgos físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicológicos en el área de trabajo deben ser identificados y gestionados. De igual forma el lugar de trabajo debe contar con recursos y servicios que brinden asistencia médica y promuevan la salud y el bienestar. Así mismo, este ambiente debe estar libre de sustancias como drogas, alcohol y demás sustancias psicoactivas que sean precursoras de ambientes de riesgo para el individuo y su alrededor.

3.2.3 Factor Humano – Contratistas y Proveedores

Los contratistas, proveedores y otros, son fundamentales en las operaciones de la organización. Por tal razón, es importante evaluar sus capacidades y competencias para realizar el trabajo en nombre de la empresa, trabajar junto con ellos y de igual forma monitorear el desempeño de los mismos para asegurar que los procesos de contratación se rigen según las normas y lineamientos del sector y la organización.

Elementos

a. Contratación. Se deben establecer criterios de preselección, selección y conservación de contratistas, proveedores y otros, incluidos un sistema para asegurar su cumplimiento. El personal debe tener las mismas características de los empleados: calificado, competente y apto física y mentalmente para las tareas asignadas.

b. Reglamentación legal. Con los productos y servicio adquiridos verificar que cumplen los estándares de seguridad, salud y medio ambiente nacional e internacional.

c. Requisitos técnicos. Se deben acordar los resultados, las normas y sistemas de funcionamiento para asegurar el cumplimiento de las normas y seguridad.

d. Riesgos asociados - Alineación. Se deben identificar, gestionar y comunicar los riesgos asociados con el contratista y la contratación de actividades en la organización. Los contratistas, proveedores y otros deben tener un sistema de gestión de riesgos que se alinee con los de la organización, cumpliendo requisitos legales y satisfaciendo las expectativas y objetivos de la empresa

3.2.4 Sensibilización de los riesgos con la comunidad

Es importante realizar una sensibilización a la comunidad y el diálogo con las diversas partes involucradas directa e indirectamente, para lograr mantener la confianza pública en la integridad de las operaciones, productos y el compromiso de organización en las normas de seguridad para mitigar los riesgos hacia la comunidad.

Elementos

a. Responsabilidad Social. Reconocer y asumir las responsabilidades ante las entidades gubernamentales y la comunidad sobre las expectativas y preocupaciones sobre los riesgos relacionados con las operaciones y productos de la empresa.

b. Impacto económico. Evaluar, comunicar e integrar los impactos del sistema de gerencia del riesgo en oportunidades de desarrollo de nuevos negocios en las comunidades locales.

c. Comunicación y Publicación. Se debe establecer una comunicación dinámica y abierta con los empleados, contratistas, agencias reguladoras, organizaciones públicas y comunidades sobre los riesgos y sus aspectos de seguridad, salud y protección ambiental de la organización. Emitir comunicados periódicamente en relación a los riesgos que la comunidad está expuesta y presentar las estadísticas e índices de control de esos riesgos. Comunicar y gestionar los impactos en seguridad, salud o medio ambiente, de cualquier cierre definitivo de las operaciones a la comunidad involucrada.

COMPONENTE TECNICO-OPERATIVO

3.2.5 Seguridad en el diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos

Las instalaciones y procesos, nuevos y modificaciones de las existentes, deben ser diseñados, adquiridos y comisionados para un rendimiento seguro, libre de riesgos, durante su vida útil, mediante el uso de normas reconocidas, procedimientos y sistemas de calidad y gestión encaminados a la protección y manejo del riesgo. También, direccionar el aseguramiento de la no ocurrencia de pérdidas del fluido de trabajo (gas natural) o fluidos auxiliares y energía en el proceso, mediante implementación de actividades que garanticen la adecuada funcionalidad de los equipos o procesos potencialmente causales de estas ocurrencias.

Elementos

b. Acopio de Información: Recolectar los datos de base técnica, ambiental, seguridad y salud antes del desarrollo de una nueva operación, instalación o modificación importante. En la construcción de nuevos equipos o plantas, la empresa debe asegurar que el equipo es el apropiado para la aplicación que va a ser usado.

b. Normas. Se debe documentar los sistemas de gestión de proyectos y procedimientos que contemplen la integridad técnica y todas las normas de la organización. La revisión del diseño formal, la verificación y la validación de los estudios se deben llevar a cabo teniendo como base la evaluación de riesgos para proteger a las personas y al medio ambiente

d. Impacto ambiental: Las instalaciones deben ser diseñadas y construidas usando tecnología que balancee los riesgos comerciales y los beneficios

financieros, para gestionar el riesgo técnico y minimizar o eliminar emisiones, vertimientos, impactos a la biodiversidad y otros impactos ambientales, que al final podrían terminar siendo un riesgo para las personas.

d. Herramientas de evaluación. Deben ser identificados los riesgos potenciales y su evaluación debe realizarse utilizando las herramientas adecuadas como evaluaciones cuantitativas de riesgo, HAZOP, FMEA, y otras más, en las fases de un proyecto desde el concepto hasta la puesta en marcha.

3.2.6 Operación y mantenimiento de los procesos.

Las instalaciones y procesos serán operados y mantenidos dentro del diseño actual para garantizar la seguridad, ausencia de peligros, salud y el desempeño ambientalmente racional.

Elementos

a. Documentación – Hoja de Vida de los Equipos y Procesos. Después de dar inicio a equipos instalados o modificados, las revisiones son documentadas para confirmar que la construcción esté de acuerdo con el diseño. De igual manera se realizan y documentan las pruebas completas y aceptables de verificación requeridas.

b. Protocolos. Se debe cumplir con los requisitos reglamentarios aplicables para la integridad mecánica, operacional y técnica, manteniendo claramente documentados y dando uso a los sistemas operativos, mantenimiento, inspección y control de corrosión en general.

c. Operación. Los parámetros esenciales de operación y funcionamiento se establecen y se realiza un seguimiento regular. Es necesario que el personal

comprenda sus funciones y responsabilidades para mantener las operaciones dentro de estos parámetros. Los criterios de funcionamiento se establecen en una empresa y son los estándares de funcionamiento de los sistemas específicos, equipo y personal, identificados como necesarios para cumplir con los objetivos. Su disponibilidad y nivel de detalle debe ser adecuado a la magnitud del riesgo que debe gestionarse. Los criterios de desempeño deben ser auditables

d. Responsabilidades. Definir claramente la puesta en marcha, operación, mantenimiento y procedimientos de cierre, al igual que su lugar y autoridades designadas.

e. Mantenimiento. Los equipos que han estado fuera de servicio por mantenimiento o modificación están sujetos a la inspección y pruebas documentadas antes de su uso.

f. Reemplazo o modificaciones. Se debe establecer un programa de calidad que garantice la integridad de las operaciones cuando existe un reemplazo de un equipo o modificaciones. Así, la clausura, reparación y planes de restauración se deben establecer a partir de estudios basados en el riesgo del final de la vida de los equipos e instalaciones.

g. Sistemas de protección. La fiabilidad y disponibilidad de los sistemas de protección se mantiene mediante las pruebas apropiadas y mantenimiento de los programas, incluida la gestión de desarme o desactivación temporal.

3.2.7 Manejo del cambio

Todos los cambios temporales y permanentes de la organización, del personal, sistemas, procedimientos, equipos, productos, materiales o sustancias deben ser evaluados en un marco de calidad y gestionados para asegurar la seguridad y salud de los riesgos derivados de estos cambios. El factor humano es muy importante, debido a su directa influencia.

Elementos

a. Reglamentación. Los cambios en los requisitos legales y reglamentarios, códigos técnicos y demás involucrados, serán acopiados apropiadamente para su actualización y seguimiento.

b. Procedimiento y documentación. La salud, la seguridad, el medio ambiente, técnico y otros efectos de los cambios temporales y permanentes deben ser formalmente evaluados, administrados, documentados y aprobados.

c. Personal. Los efectos en el personal de trabajo u organización, incluidos los requisitos de formación, deben ser evaluados y gestionados para las competencias del personal.

3.2.8 Evaluación de riesgos

La gestión de riesgos es un proceso continuo. El personal debe identificar y evaluar los riesgos asociados con sus actividades. De igual forma tomar medidas adecuadas para gestionar los riesgos y por lo tanto, prevenir o reducir el impacto de posibles accidentes o incidentes.

Elementos

a. Direccionamiento. Los líderes deben implementar y promover los procesos para identificar, evaluar y gestionar los riesgos relacionados con las actividades

de la organización y los riesgos potenciales que puedan causar efecto sobre el personal, las instalaciones, el público, los clientes y el medio ambiente. Estos deben ser evaluados para operaciones existentes, productos, desarrollos empresariales, adquisiciones, modificaciones, nuevos proyectos y similares.

b. Gestión adecuada. Los riesgos evaluados se abordan en los niveles de gestión adecuada según la naturaleza y la magnitud del riesgo. Las decisiones deben estar claramente documentadas y como resultado acciones llevadas a cabo a través de correctos procedimientos.

c. Documentación. Las evaluaciones, gestión y medidas de control deben estar correctamente documentadas.

d. Actualización y modificaciones. Las evaluaciones de riesgo se actualizan en tiempos determinados y están previstos a cambios o modificaciones.

COMPONENTE DE CONTROL

3.2.9 Riesgos asociados con el producto

Evaluar, gestionar y comunicar los riesgos asociados con los productos. Mantener una comunicación con información actualizada para ayudar a los usuarios y demás personas vinculadas al sector del gas, a utilizar los productos de manera segura y ambientalmente responsable.

Elementos

a. Producto. Identificar los riesgos desde las propias instalaciones de la empresa, teniendo como base la salud, seguridad y ambiente, y los riesgos asociados con el uso normal y previsible de la utilización incorrecta del producto. Realizar evaluaciones periódicas al producto en sus fases de

operación. Esto incluye una revisión de los riesgos y los efectos adversos o experimentados por las personas que manipulan este producto. Los registros de evaluación, información de antecedentes y conclusiones de la vida del producto deben mantenerse al día

b. Manejo y uso del producto. Se debe mantener información actualizada sobre los riesgos técnicos, de procesos, de salud, seguridad, ambiental relacionados con el uso, almacenamiento, manipulación, transporte y eliminación de los productos que está a disposición del personal de la organización, clientes y otros.

c. Factor Humano. Identificar por medio de un sistema los efectos adversos del manejo de los productos. Las causas de preocupación deben ser identificadas y tomar las medidas necesarias. Tener en cuenta los riesgos tecnológicos y de salud.

3.2.10 Manejo de incidentes

Los incidentes deben ser informados, investigados y analizados para prevenir la recurrencia y mejorar el rendimiento de la organización. Las investigaciones se centran en las causas o fallas del sistema. Las acciones correctivas y medidas preventivas se utilizan para reducir las lesiones y pérdidas futuras.

Elementos

a. Procedimiento. Todos los incidentes de salud, seguridad, integridad técnica y ambiental, incluidos los conatos de accidente, deben ser informados abiertamente, investigados, analizados y documentados.

b. Investigación. La investigación de los incidentes importantes debe ser realizada por un equipo multifuncional de alto nivel con la participación y liderazgo de una unidad externa de la organización.

c. Documentación. La investigación de incidentes, incluyendo las causas y acciones preventivas, se documenta y se cierra al llevarse a cabo.

d. Seguimiento. La información obtenida de las investigaciones de incidentes se analiza para identificar y monitorear las tendencias y el desarrollo de los programas de prevención.

e. Lecciones Aprendidas. Las lecciones aprendidas de las investigaciones se comparten entre la organización y el personal, con el fin de tomar medidas apropiadas a la recepción de dicha información, todo con el fin de gradualmente llevar los riesgos a su mínima expresión.

3.2.11 Respuesta a emergencias

Los planes de gestión de emergencias cubren todas las instalaciones, lugares y productos. En estos planes se indican los equipos, formación y personal necesario para proteger el personal, los clientes, el entorno público y la reputación de la organización en caso de un incidente.

Elementos

a. Plan. Los planes de gestión de emergencia se basan en los riesgos que potencialmente impacten a la organización. Estos planes deben estar documentados, accesibles, claros y alineados con el sistema de gestión de emergencia de la empresa.

b. Recursos. Identificar, probar y disponer de equipos, instalaciones y personal necesario para la respuesta ante una emergencia.

c. Capacitación. El personal debe estar capacitado y entender los planes de emergencia. A si mismo de conocer sus funciones y el uso de las herramientas y recursos de gestión de crisis.

d. Simulación. Se deben realizar ejercicios y prácticas para evaluar y mejorar la respuesta, y verificar las capacidades de la gestión ante una emergencia, incluyendo enlaces con la participación de organizaciones externas.

e. Retroalimentación. Realizar actualizaciones periódicas de los planes de formación, los cuales se utilizan para incorporar las lecciones aprendidas en incidentes y ejercicios anteriores.

3.2.12 Situaciones y manejo de ataques terroristas

La mayoría de las instalaciones y medios de transporte de la cadena del gas, están en zonas de influencia de la actividad de grupos ilegales o al margen de la ley, que hacen sensible a las organizaciones en este tipo de situaciones. Se usa herramientas para asistir la gestión, identificando y priorizando los riesgos para la seguridad y determinando el tipo y nivel apropiado de protección requerido en una instalación a nivel local.

Elementos

a. Identificación de adversarios. Estos son de carácter conocidos y potenciales. Dicha información debe estar disponible y precisa.

b. Valor de la amenaza. Una evaluación de la amenaza identifica y evalúa cada amenaza sobre la base de varios factores, incluyendo la capacidad, la

intención, y el impacto. La determinación de estas amenazas planteadas por los diferentes adversarios conduce al reconocimiento de la vulnerabilidad y la evaluación de las contramedidas necesarias para gestionar las amenazas.

c. Evaluación de la amenaza. Es lo planteado por los factores adversarios mencionados anteriormente contra cada uno de los activos, y la asignación de una clasificación general de la criticidad de cada adversario.

d. Niveles de sistemas de alerta de seguridad. Los niveles de alerta describen una medida progresiva del riesgo de acciones terroristas, de normal a un riesgo inminente de ataque o acción, basado en la información de inteligencia del gobierno o de la empresa.

3.3 AUDITORIA

En la auditoria del sistema de gerencia de riesgos en la cadena del gas, periódicamente se evalúa la aplicación y el cumplimiento de las expectativas para asegurar que las partes interesadas y los procesos de gestión estén funcionando eficazmente y se encuentren en su lugar. Esto implica tanto las autoevaluaciones internas, y las correspondientes evaluaciones externas. Esta información es usada para mejorar el desempeño de la organización y los procesos.

Para tener una buena información y datos necesarios en la auditoria, se requiere usar herramientas adecuadas y procedimientos establecidos para poder llevar a cabo esa evaluación, dentro de los cuales se pueden tener:

a. Indicadores. Los indicadores de desempeño del sistema, tanto entradas como resultados, son establecidos, comunicados y entendidos por toda la organización.

b. Autoevaluaciones. El personal de la empresa participa activamente en autoevaluaciones periódicas sobre la eficiencia de los procesos y procedimientos para responder a las expectativas del sistema.

c. Mejora continua. La existencia de un sistema para la mejora continua de los comportamientos del sistema a través de la observación, la grabación y el entrenamiento. Los indicadores de rendimiento del sistema de gestión se utilizan regularmente para determinar cuándo y qué cambios son necesarios en el sistema de gestión. Cuando se producen cambios en un elemento, el impacto en el sistema gestión será evaluado.

d. Evaluación. Se debe realizar periódicamente el progreso hacia los objetivos del sistema, el cumplimiento normativo y la eficiencia del sistema de gestión de la organización. Estas se documentan y se llevan a cabo utilizando la experiencia dentro y fuera de la organización.

e. Aprendizaje. Los resultados de los procesos de aprendizaje como auditorías, investigaciones de incidentes, conatos de accidentes, *HAZOPS* y similares que se prioricen, se supervisa y se utiliza para mejorar sistemáticamente el sistema de gestión.

f. Revisión. El equipo de liderazgo de la organización realiza revisiones del sistema de gestión para garantizar continuamente el funcionamiento constante y el rendimiento deseado. Con base en la revisión, los nuevos riesgos basados en objetivos son considerados y establecidos cuando sea necesario.

g. Informes. Los departamentos de la organización deben entregar el informe con los datos de rendimiento del sistema como parte del funcionamiento del mismo.

h. Criterio Costo-beneficio. Es necesario por lo tanto, tener alguna medida de lo razonablemente posible y lo que constituye el esfuerzo o costo en proporción al beneficio. Un enfoque consiste en evaluar el costo y esfuerzo que implica una serie de diferentes medidas de reducción de riesgos y estimar los beneficios y el esfuerzo de cada uno, y por tanto juzgar la eficacia de los métodos.

Una aproximación de los componentes para el enfoque que se debe tener en cualquier etapa de la cadena del gas, se presenta en la Figura 9 donde se puede observar cómo la gestión del riesgo está siempre interrelacionada entre los diferentes componentes.



Figura 9. Interrelación de los componentes de la gestión del riesgo

4. GESTIÓN DEL RIESGO EN LA CADENA DE VALOR DEL GAS NATURAL

El tratamiento de los riesgos en cada etapa de la cadena del valor del gas natural, producción/tratamiento-transporte-distribución, debe ser muy bien particularizada para cada compañía operadora, en la cual, en cada lineamiento se sugieren elementos aplicables dentro del presente protocolo sugerido, pero también el gestor puede incorporar nuevos elementos o acondicionarlos para una mayor eficacia de la gestión del riesgo.

COMPONENTE HUMANO

La aplicación de los 4 lineamientos del componente humano es fundamental y deberán ser tenidos en cuenta sin particularización en cada etapa de la cadena de valor del gas, ya que su aplicación se verá reflejada en la base de la organización: El factor humano.

4.1 LIDERAZGO Y RESPONSABILIDAD - CULTURA ORGANIZACIONAL

Básicamente, cultura organizacional es la personalidad de la empresa y está relacionada con los valores, normas, derechos y deberes de todas las unidades e individuos con su compromiso institucional.

Actividades A Realizar

- a. Encuesta a personal de la empresa sobre clima laboral (internos y externos)
- b. Formar grupos pequeños e inter-departamentales para obtener información actual y lecciones aprendidas.

- c. Sesiones de retroalimentación y planeación de acciones (personal entienda los problemas y pueda sugerir posibles soluciones)
- d. Planeación de las acciones
- e. Seguimiento de las acciones

La figura 10 muestra como en la organización se debe mantener la cultura como la piedra angular del desarrollo de la empresa, en la cual el individuo es el centro y eje donde gira realmente la base de la cultura organizacional. Todas las acciones y actividades que realice cada individuo tendrá su consecuencia e impacto sobre el mismo individuo y el medio en que se desarrolle (en este caso su área de trabajo). Así, la formación, deberes y responsabilidades del individuo deben tener su fundamento en la cultura que la empresa le provea y le mantenga incentivando, para beneficio íntegro de la organización.



Figura 10. El individuo como eje de la cultura organizacional

Referencia Guía adicional: Cultura Organizacional y Liderazgo – Edgar H. Schein – 3ra. Edición – John Wiley & Sons - 2004

4.2 FACTOR HUMANO – EMPRESA

La compañía debe establecer, desarrollar, verificar y mantener los lineamientos para la calidad de su personal, donde la cultura organizacional brinda ese soporte para un adecuado manejo del factor humano. El siguiente esquema sugiere un camino para realizar esa gestión humana, la cual, con el apropiado criterio, empieza a ser una parte importante en la gestión del riesgo al seleccionar y mantener personal competente en la empresa (Figura 11).

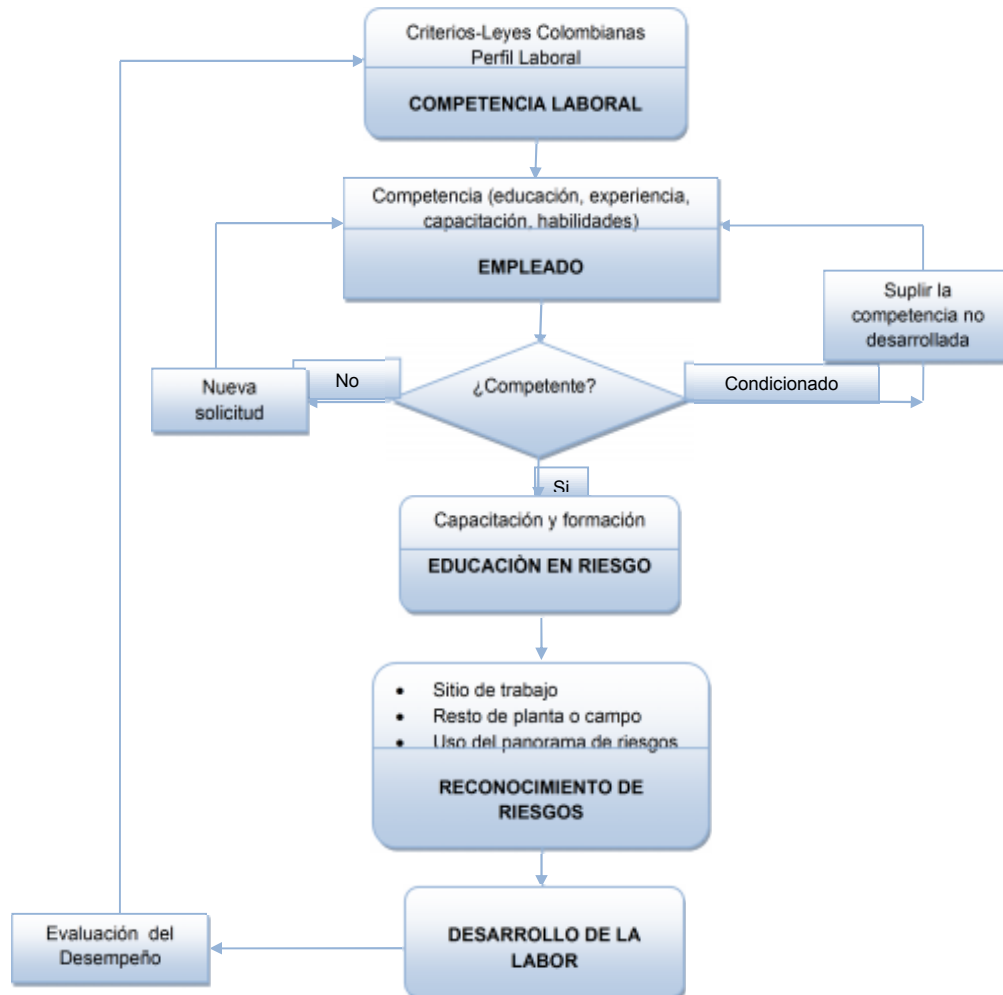


Figura 11. Esquema de gestión humana

4.3 FACTOR HUMANO – CONTRATISTAS Y PROVEEDORES

La utilización de personal no propio o ajeno a la compañía, pero con injerencia directa en las operaciones de la empresa, hacen de ello una gestión y manejo similar al utilizado con el personal vinculado directamente con la compañía. El siguiente esquema sugiere una forma de cómo abordar la gestión para con este tipo de personal, teniendo muy claro que en última instancia sus actividades y labores inciden directamente en la operación de la compañía (Figura 12).

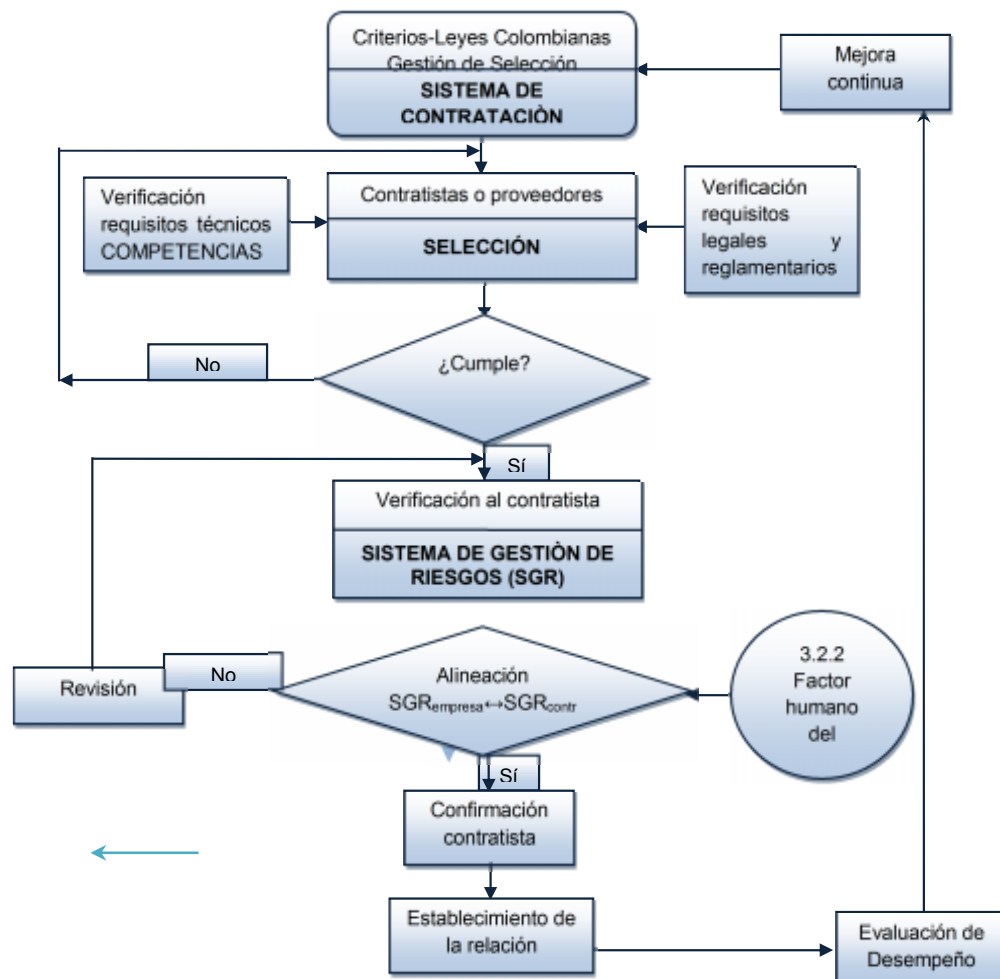


Figura 12. Esquema de gestión de contratistas y proveedores

4.4 SENSIBILIZACION DE LOS RIESGOS CON LA COMUNIDAD

Para una compañía, su responsabilidad social es fundamental para la armonía y compromiso que pueda tener con la comunidad. Esto implica que realmente se le dé el conocimiento necesario a la comunidad de la potencialidad del riesgo que pueda generar las actividades de la compañía y lo que ésta está realizando para prevenir y mitigar en casos extremos (Figura 13).

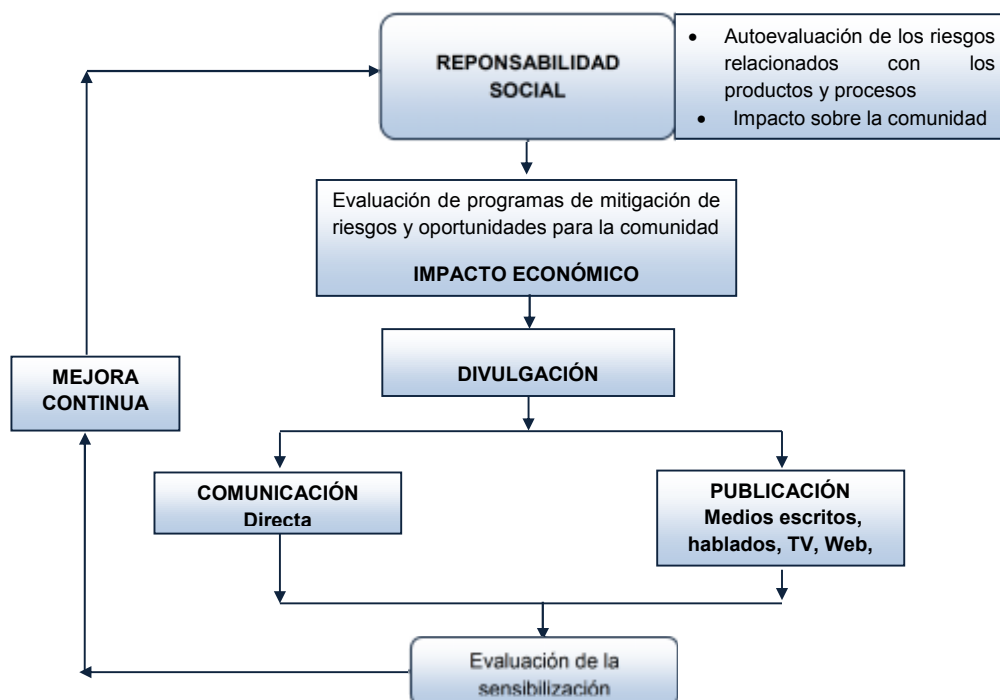


Figura 13. Esquema de gestión de sensibilización de los riesgos con la comunidad

COMPONENTE TÉCNICO

4.5 SEGURIDAD EN EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AMPLIACIÓN DE INSTALACIONES Y PROCESOS.

En las nuevas incorporaciones de equipos, procesos o instalaciones, además de nuevas modificaciones, se debe tener las directrices generales para llevar a cabo los proyectos a realizar en esta etapa, además de que es la base para que se ejecuten en las siguientes etapas de la cadena del gas, tales como puesta en marcha, operación, mantenimiento y clausura o cierre del proceso (Figura 14).

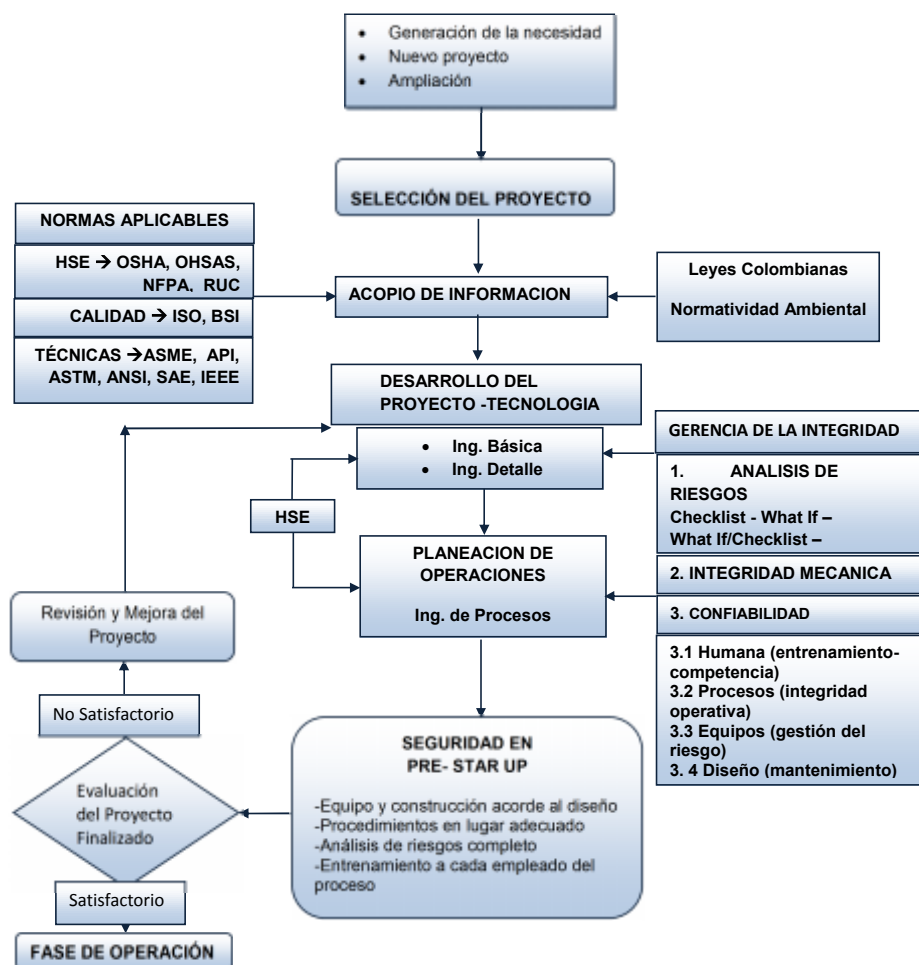


Figura 14. Esquema de gestión de seguridad en el diseño, construcción y ampliación de instalaciones y procesos.

Realizando una revisión al mapa de procesos anterior, se recomienda para un mayor escrutinio de los tópicos y herramientas sugeridas, tener en cuenta:

- a. Las normas aplicadas al proyecto deben ser las que el mismo requiera. Remitirse a ellas según el tipo específico de proyecto.

- b. La gerencia de la integridad es definida como un proceso continuo de valoración aplicado desde el diseño hasta el desmantelamiento, para asegurar el buen manejo de las instalaciones o componentes. Para su aplicabilidad, se requiere la aplicación de métodos (herramientas) de evaluación según la característica a evaluar. Así:

Análisis de Riesgos → para evaluar los riesgos, la empresa debe seleccionar uno o varios métodos para evaluar esos peligros en los procesos. Los más utilizados son los siguientes y son ampliados en el Anexo1.

- *What-if,*
- *Checklist,*
- *What-if/checklist,*
- *Hazard and operability study (HAZOP),*
- *Failure mode and effects analysis (FMEA),*
- *Fault tree analysis (FTA)*

Cualquiera que sea el método a usar, el análisis debe considerar:

- Los peligros del proceso
- Identificación de cualquier incidente previo que tuvo un potencial de consecuencias catastróficas en el sitio de trabajo.
- Aplicación de controles administrativos y de ingeniería a los peligros y sus interrelaciones; además de los métodos de detección, deben incluir monitoreo de procesos y control con alarmas. Consecuencias de fallas en

estos controles

- Factores humanos
- Evaluación cualitativa de los posibles efectos en salud y seguridad sobre los empleados en el sitio de trabajo.

Integridad Mecánica (IM)→ asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos, sea mantenida durante la vida de instalación; es decir desde la fase de diseño, fabricación, instalación o construcción, operación y mantenimiento hasta su desmantelamiento. También, focalizarse en los equipos de procesos críticos para asegurar que es diseñado e instalado correctamente y opera apropiadamente.

Los requerimientos de la IM aplican a los siguientes equipos:

- *Tanques de almacenamiento y vasos de presión.
- *Sistemas de tubería (incluye válvulas)
- *Sistemas de venteo y de relevo (aparatos adicionales)
- *Sistemas de apagado de emergencia
- *Controles (sensores, alarmas, equipos de monitoreo)
- *Bombas

Una ampliación del tópico es tratado en el Anexo 2.

Confiabilidad Operacional→serie de procesos de mejora continua que involucra sistémicamente herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la planeación y gestión de la productividad. La confiabilidad de un equipo o sistema, es la probabilidad de que éste pueda operar durante un tiempo sin pérdida de su función. Para su desarrollo existen metodologías como RCA, RBI, RCM entre otros.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional (Figura 15) de cualquier proceso o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro

aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.



Figura 15. Esquema de gestión de confiabilidad operacional.

La Integridad Operativa como parte de la Confiabilidad de Proceso, es la relacionada con la identificación y el control de sistemas y aplicaciones de modo que pueda identificar los cambios no autorizados, así como su origen. Con el fin de garantizar la integridad operativa en su organización, las soluciones de control de cambios operativos y otros se pueden llevar a cabo mediante la metodología de análisis de criticidad.

El Análisis de Criticidad permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis. Una ampliación de este tópico se puede ver en el Anexo 3.

4.6 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS PROCESOS.

La compañía debe desarrollar e implementar los procedimientos de operación y mantenimiento en forma escrita y digital, siendo consistente con la gestión del riesgo y seguridad, teniendo en cuenta los riesgos asociados a la tarea para

optimizar el desempeño en HSE, confiabilidad, integridad y rentabilidad de las instalaciones (Figura 16).

Para cada uno de las actividades, operación y mantenimiento, se debe verificar lo siguiente:

- Llevar a cabo las revisiones del *post-startup* para los equipos nuevos o modificados para confirmar su concordancia de construcción con el diseño.
- Ubicar en lugares a la mano, los procedimientos escritos de operación: pre-arrancada, arrancada, operación normal, operación de emergencia, apagadas, procedimientos de monitoreo y de descarga.
- Ubicar en lugares a la mano, los procedimientos escritos de mantenimiento: montaje, "*precommissioning*", planeación y ejecución de mantenimiento protocolos de verificación o inspección.
- Protocolos de entrega para operación y/o mantenimiento. Transferencia de custodia. Gestionar hacia los empleados las responsabilidades y roles en las labores de operación y mantenimiento respectivamente.
- Gestionar la correcta forma de trabajo en la planta, tales como permisos de trabajo, cumplir reglas de seguridad y ambiente, aislamiento de equipos, etc.
- Asegurar entrenamiento teórico-práctico de cada procedimiento para todo el personal involucrado en la respectiva operación.

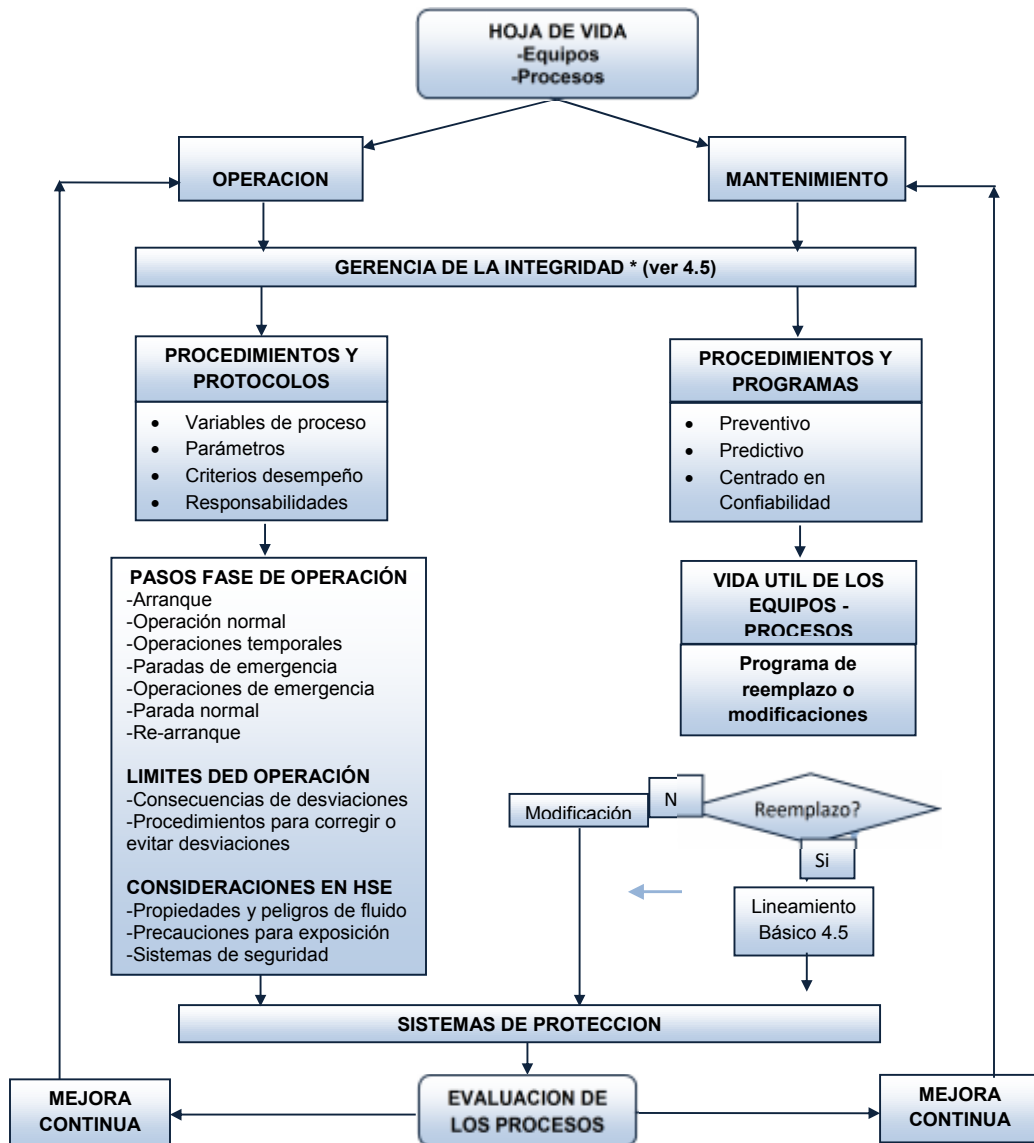


Figura 16. Esquema de gestión de la operación y mantenimiento de los procesos.

Particularidades para la Etapa de Producción-Tratamiento:

De las actividades fundamentales en el mantenimiento de equipos y procesos, un procedimiento bastante aplicable es el de mantenimiento centrado en confiabilidad. Este es explicado con un detalle ligero en el anexo 5. El uso está sujeto a la aplicabilidad que cada empresa requiera y es una muestra para aplicar otros métodos.

Particularidades para la Etapa de Distribución:

Determinación de las características de la red de distribución de gas natural (RDGN), registrando diámetros de tubería, longitudes de *tramos*, y ubicación de los principales *nodos* de la RDGN. Se debe hacer un registro de los tramos que están enterrados y los que siguen un recorrido aéreo. Igualmente se registra aspectos del recorrido de las tuberías enterradas tales como: existencia de identificación de la ubicación de la tubería enterrada, cruce por vías de tránsito, cercanía a sistemas que produzcan corrientes parásitas, plantaciones de árboles, tramos enterrados debajo de los galpones o edificios industriales. Para el caso de las tuberías aéreas: registrar aspectos tales como cruce a través de almacenes de combustible, canales de drenaje, conductos de ventilación o aire acondicionado, sala de máquinas, depósitos de basura, casas de transformadores.

Modelamiento del comportamiento operativo de la RDGN, disponiendo de longitudes, diámetros, requerimientos de carga (consumos horarios de gas M^3/h o Ft^3/h)

Evaluación de la condición física de los elementos de la RDGN y las características de su recorrido. Se debe considerar las normas técnicas aplicables y establecer por sí la tubería está correctamente soportada si es aérea, o si la tubería está enterrada si el revestimiento anticorrosión de la tubería está en buen estado, si existe correcta señalización de la ruta de la tubería. Se debe evaluar las áreas o puntos de corrosión de la tubería, determinar si existen derrames de líquidos corrosivos, gases, temperaturas ambiente impactando sobre la tubería o sobre válvulas y otros accesorios. Determinar a través de un recorrido minucioso, fugas de gas a través de empaques, roscas, juntas, etc. Es necesario establecer las características del material y la calidad de la tubería. Se debe asegurar que se trata de tubería de acero al carbono, al menos ASTM A53 o A106 y no tubería de hierro galvanizado liviano para agua.

Un aspecto fundamental es determinar que los reguladores y válvulas de bloqueo manual y automático están adecuadamente seleccionados para la aplicación y si se les ha realizado mantenimiento al menos en el último año. Establecer que sus controles y sistemas de monitoreo como presostatos, manómetros, medidores de flujo, etc. funcionan y cumplen su función. También es importante que se establezcan algunos aspectos fundamentales en la operación de una red de Gas; una de ellas es disponer de válvulas de seccionamiento (válvula de tapón cónico) estratégicamente ubicadas para seccionar totalmente la red y/o áreas o equipos en particular. Disponer de manómetros con escalas adecuadas a la entrada y salida de cada regulación

Establecimiento de un plan de acción después de organizar la información, analizar y establecer un diagnóstico RDGN. Es fundamental atender las deficiencias de las condiciones de la red en comparación con las normas técnicas aplicables. Se debe efectuar las intervenciones inmediatas que corrijan

condiciones de inseguridad o peligro de la instalación en materia de distribución e iniciar un plan de acción orientado a:

- a. Corregir fugas de gas natural.
- b. Programar rutinariamente pruebas de hermeticidad anuales de la RDGN.
- c. Implantar un plan de mantenimiento anual de reguladores, válvulas de control y válvulas de bloqueo automático.
- d. Sustituir equipos como reguladores de presión que no cumplan con las condiciones operativas exigidas por el proceso operativo
- e. Instalar o reponer sistemas de monitoreo y control (manómetros, presostatos, medidores de flujo, etc.)
- f. Eliminar condiciones de corrosión de las tuberías
- g. Efectuar mantenimiento al soporte de la tubería.
- h. Evaluar la condición del revestimiento de la tuberías enterradas
- i. Redefinir nuevas rutas de la red de gas por áreas o recorrido que representen menos riesgo para la seguridad de la planta (tuberías enterradas bajo los galpones, paso por galerías cerradas, ambientes agresivos, almacenes de combustible, tableros eléctricos, etc.)

4.7 MANEJO DEL CAMBIO

Los cambios contemplados en un proceso deben ser evaluados completamente mediante su impacto sobre la salud y seguridad de los empleados y se deben determinar cambios necesarios en los procedimientos de operación. Establecer e implementar procedimientos escritos para el manejo del cambio en procesos químicos, tecnologías, equipos, procedimientos y cambios en las instalaciones que afectan un proceso (Figura 17).

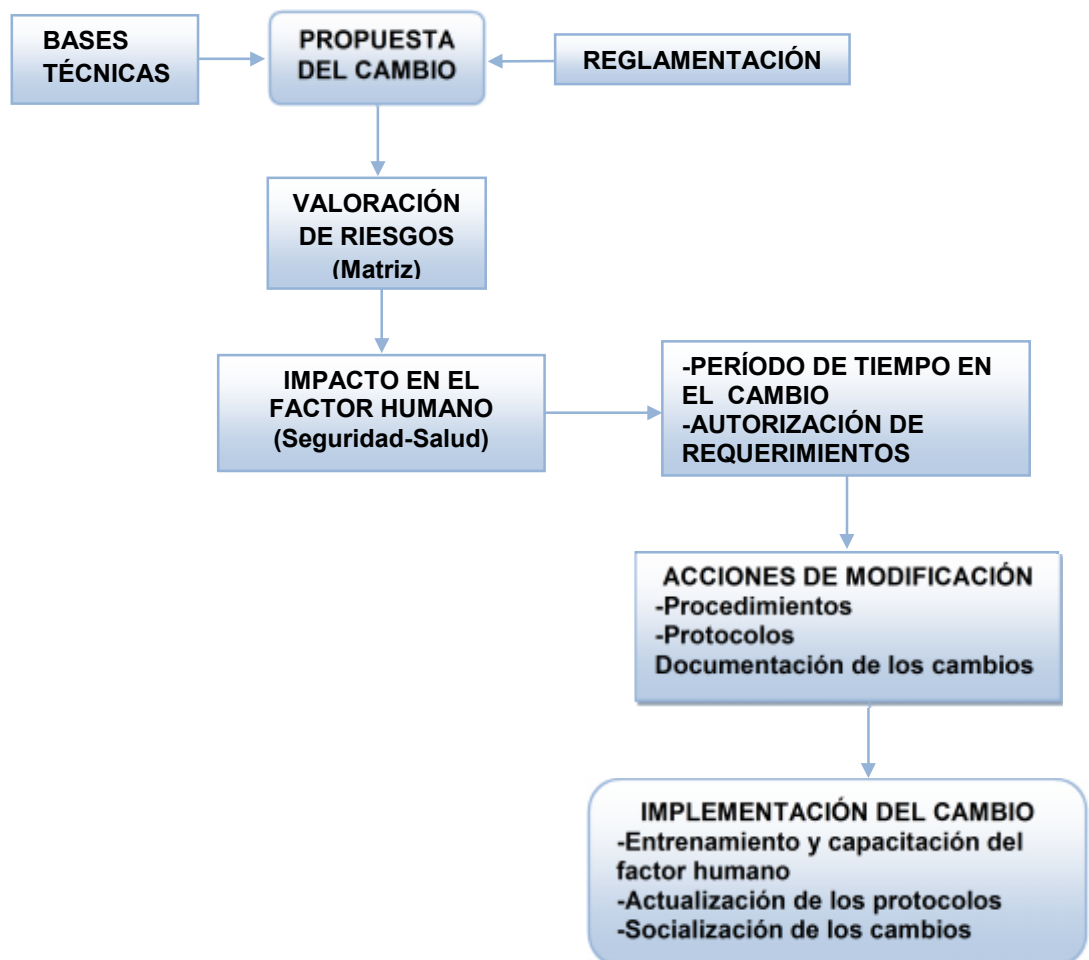


Figura 17. Esquema de gestión del manejo del cambio.

4.8 EVALUACIÓN DE RIESGOS

La capacidad de identificar los riesgos y peligros en la industria del gas, su origen y posible impacto constituye una tarea muy cuidadosa. La compañía debe direccionar este acercamiento mediante una adecuada gestión para su valoración, además de documentar los riesgos encontrados y ponerlos a la mano del personal operativo. Una herramienta fundamental para la identificación y valoración de los riesgos es la “matriz de riesgos”. Esta herramienta de control y de gestión normalmente es utilizada para identificar las actividades (procesos y productos) más importantes de una empresa, el tipo y nivel de riesgos inherentes a estas actividades y los factores exógenos y endógenos relacionados con estos riesgos (Figura 18).

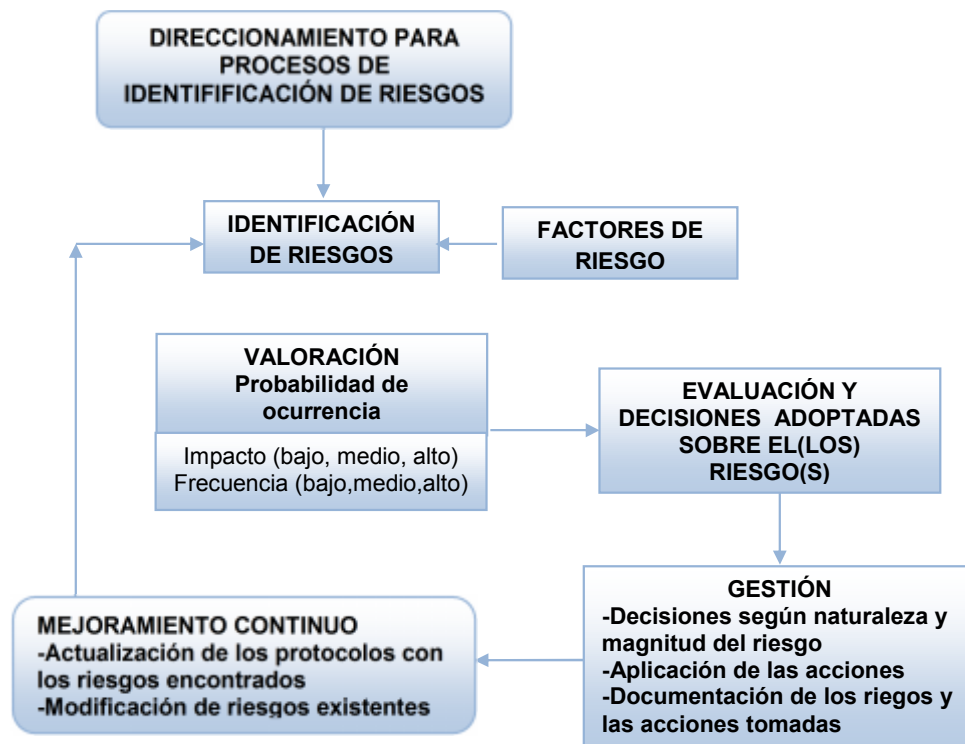


Figura 18. Esquema de gestión evaluación del riesgo.

4.9 RIESGOS ASOCIADOS CON EL PRODUCTO

La compañía debe mantener un sistema de documentación e información lo bastante actualizada sobre los fluidos que maneja y en especial el producto principal: Gas Natural (Figura 19). Esta información debe estar basada en el peligro y consecuencias sobre el ser humano y sobre las instalaciones o alrededores. En el Anexo 4 se presenta un resumen general sobre peligro de gases como soporte al diagrama presentado.



Figura 19. Esquema de gestión de riesgos asociados con el producto.

Debido a su carácter inflamable, los riesgos asociados del gas natural son:

a). INCENDIOS

- **Incendio de chorro:** Normalmente, el incendio de chorro está asociado con la liberación de gas natural. El tamaño del incendio de chorro depende del diámetro de la tubería y el tamaño de la fuga. Si la tubería de gas natural tiene una fuga en un cierto punto de su camino, y si una fuente de ignición está disponible, la consecuencia será un incendio de chorro. El incendio de chorro normalmente no está asociado con la rotura de tuberías.
- **Piscina de fuego:** Una piscina de fuego no está generalmente asociada con gas natural. La piscina de fuego se produce cuando se presenta un derrame de líquidos inflamables que forman una piscina sobre una superficie y además de esto una fuente de ignición está presente.
- **Incendio relámpago:** El incendio relámpago se produce debido a un fuego repentino e intenso causado por la ignición de materiales inflamables. Se caracteriza por la alta temperatura, corta duración, el rápido movimiento del frente de llama, y considerables ondas de choque. El incendio relámpago suele ser más prominente con fugas de gas natural en vez de rupturas.

b) EXPLOSIÓN

La explosión de última hora/nubes de vapor, por lo general se produce si el líquido se acumula en un área confinada. En el caso de tuberías subterráneas, la liberación de gas natural puede encontrar casos de confinamiento debidos a vegetación densa y edificios, sin embargo debido a la naturaleza ligera del gas natural, esto es relativamente poco frecuente. La explosión de última hora se produce cuando un material inflamable se dispersa en la atmósfera y después se produce la ignición de la nube de vapor. La explosión de última hora por lo general requiere un confinamiento para que el gas se acumule. Dado que las tuberías a campo traviesa son generalmente subterráneas, la explosión tardía es de menor importancia para el gas natural.

4.10 MANEJO DE INCIDENTES

La investigación de incidentes es crucial para evitar futuros hechos similares y parte desde la identificación de la cadena de eventos y causas, de donde se sacan las medidas correctivas a desarrollar e implementar (Figura 20).

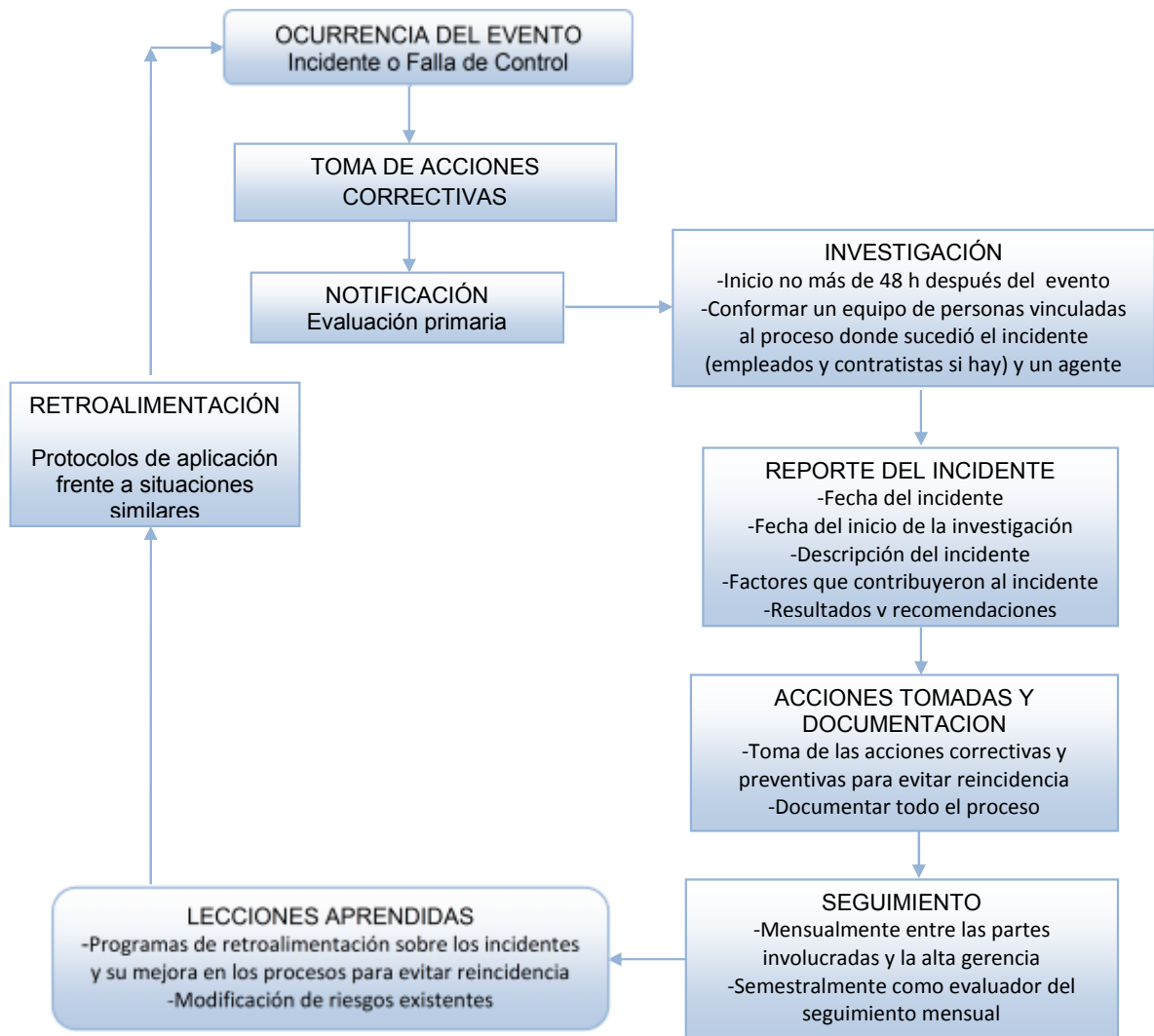


Figura 20. Esquema de gestión en manejo de incidentes.

4.11 RESPUESTA A EMERGENCIAS

La prevención es prioridad en cualquier compañía, pero también se debe estar preparado para cuando las emergencias ocurran y responder en la forma efectiva. Así, a pesar de tener el mejor plan de respuesta a eventualidades, las acciones de simulación de emergencias y sus capacitaciones son importantes para poder desarrollar el plan de emergencia lo más cercano posible al 100% de sus objetivos y acciones (Figura 21).



Figura 21. Esquema de gestión de respuestas a emergencias.

Particularidades para la Etapa Distribución:

El plan de contingencias (PDC) para el sistema de distribución de gas natural es una herramienta valiosa que permite prevenir, preparar y accionar mecanismos de respuesta en el caso de presentarse una emergencia, con el fin de minimizar los impactos desfavorables sobre la vida humana, el ambiente, los bienes y la infraestructura existente. El PDC está conformado básicamente por un plan estratégico o preventivo y un plan operativo. El *PLAN ESTRATEGICO* concentra su desarrollo en la parte preventiva y de preparación para una emergencia. Para este plan, se debe realizar el análisis de riesgo que incluya la evaluación de la amenaza (identificación amenazas internas y externas, identificación de causas potenciales del escape de gas, caracterización de los escenarios de eventos amenazantes, estimación de la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes y de la frecuencia de ocurrencia en estos escenarios). Se debe realizar la evaluación de las consecuencias que comprende el análisis de las condiciones de liberación del gas, los efectos físicos, los porcentajes de afectación de una población expuesta y los inventarios de elementos biofísicos afectados. Para determinar el nivel de daño para un sistema de distribución de gas natural se tienen las siguientes categorías de consecuencias:

- Pérdidas o lesiones a personas.
- Pérdidas al proceso (instalaciones y equipos de la empresa).
- Daño al ambiente.
- Daño a estructuras (edificaciones, viviendas).
- Pérdida de imagen.

Otra parte del plan es la evaluación del riesgo, donde se realizan dos alternativas para la valoración del riesgo: índice de riesgo y número matricial del riesgo. La primera califica la operación de la empresa de distribución de gas y puede ser interpretada de acuerdo con los parámetros de aceptabilidad

establecidos por cada una de ellas. La segunda, es la más usada ya que permite percibir el análisis de una forma gráfica y rápida. También se debe establecer programas de cooperación con las entidades del sector privado y público, que apoyarán la atención a una emergencia que supere la capacidad de respuesta de la empresa de distribución de gas, evitando y minimizado la afectación de los elementos vulnerables (comunidades, otras empresas, etc.) establecidos en los sitios aledaños a la zona de impacto.

La segunda parte, el *PLAN OPERATIVO*, lo constituye el conjunto de acciones y decisiones reactivas, que acomete la empresa distribuidora para afrontar adecuada y eficazmente una emergencia. Debe ser revisado y complementado periódicamente, mínimo una vez por año, incluyendo la atención de emergencias (como se ve en el diagrama del lineamiento).

Para esta industria, y en específico la etapa de la distribución, la clasificación de las emergencias está referenciada básicamente por el siguiente grado:

Tabla 3. Clasificación de emergencias

GRADO DE EMERGENCIA	RECURSOS QUE INTERVIENEN EN LA ATENCIÓN
Interna	Empresa de distribución de gas
Externa menor	Comité local de emergencia y empresa de distribución de gas*
Externa media	Comité regional de emergencias y empresa de distribución de gas*
Externa mayor	DNPAD y empresa de distribución de gas*

*En estos casos, la empresa de distribución de gas es la que presta el apoyo al otro recurso que interviene, siendo éste el responsable de la prestación del servicio en la parte operativa de la emergencia.

4.12 SITUACIONES Y MANEJO DE ATAQUES TERRORISTAS

Las compañías deben evaluar y estar programadas para responder apropiadamente a potenciales ataques por parte de extraños a la compañía y/o también desde adentro de su empresa. Además del conocimiento de amenazas realizado a la empresa, determinando las más influyentes de acuerdo a la zona geográfica donde se ubique la empresa (Figura 22).

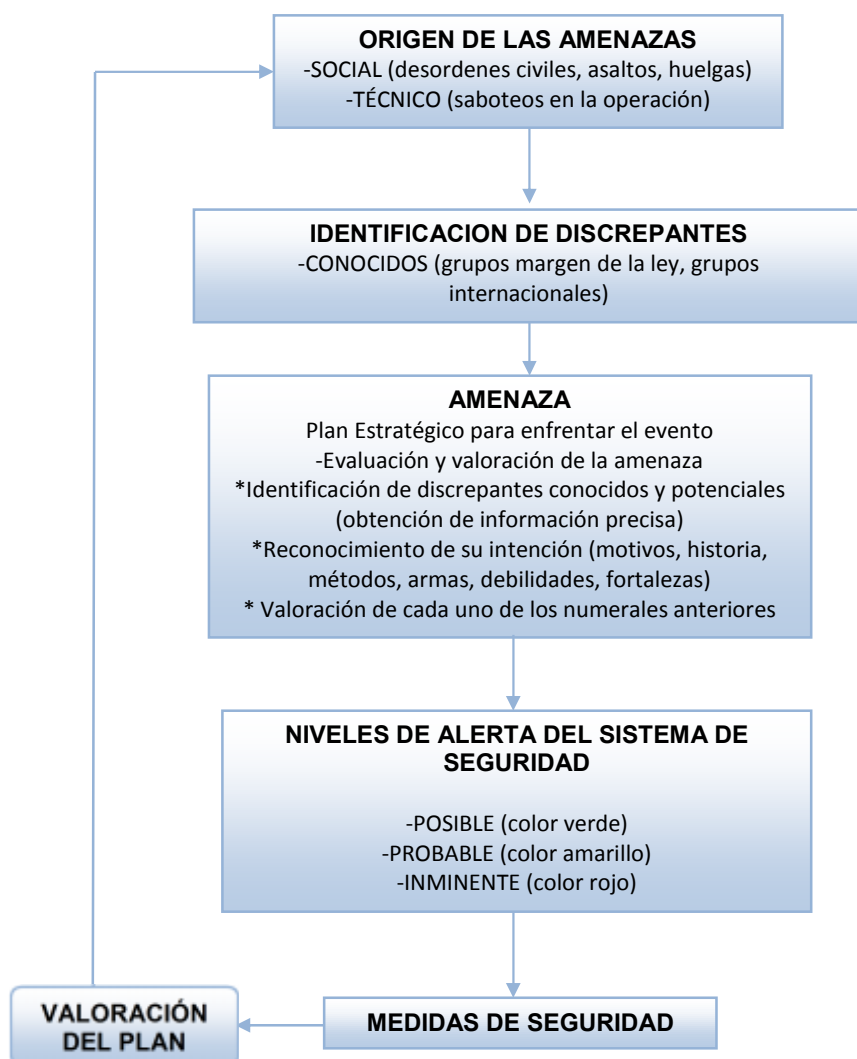


Figura 22. Esquema de gestión de situaciones y manejo de ataques terroristas.

En la seguridad, la formación de un sistema de gestión de la seguridad enfocado, consiste en identificar y analizar las amenazas a la seguridad y vulnerabilidades. La evaluación de la vulnerabilidad de la seguridad (SVA) es una herramienta de gestión, que es flexible y adaptable a un amplio rango de aplicaciones, y puede ser usada para asistir la gestión, identificando y priorizando los riesgos para la seguridad y determinando el tipo y nivel apropiado de protección requerido en una instalación a nivel local.

La necesidad y el tipo de mejoras de seguridad se determinarán en función de factores específicos del lugar, como el grado de la amenaza, el grado de vulnerabilidad, las consecuencias potenciales de un evento de seguridad, y el atractivo de una instalación a un posible terrorista. En caso de una amenaza terrorista, los sitios de mayor riesgo son aquellos que tienen una importancia crítica, y por lo tanto pueden tener consecuencias de alto nivel, también aquellos donde las instalaciones son vulnerables y la amenaza es grande. En estas situaciones de alto riesgo, las mejoras de seguridad/y las contramedidas deben tenerse en cuenta para poder reducir uno o varios de los factores que hacen vulnerable al lugar, a un nivel aceptable. Además, se reconoce que cierta información incluida en un programa de seguridad debe seguir siendo confidencial. Las compañías de gas deben considerar un programa secreto para evaluar qué información se puede compartir y lo que debe permanecer confidencial.

Un ejemplo de cómo establecer planes de seguridad debe llevar un número clave de elementos relacionados a las políticas de seguridad de la organización, prácticas y procedimientos. Esto se puede ver en la siguiente secuencia:

1. Seguridad de la Administración y Organización
2. Entrenamiento del Personal
3. Prácticas y ejercicios

4. Documentación del plan
5. Respuesta al cambio en el nivel de Alerta
6. Comunicaciones de las actividades
7. Mantenimiento del equipo y Sistemas de Seguridad
8. Medidas de Seguridad para el control del acceso, incluyendo aéreas de acceso para público designado.
9. Medidas de seguridad para aéreas Protegidas/ Controladas/Restringidas
11. Procedimientos de incidentes de seguridad
12. Auditoria y modificación del Plan de Seguridad
13. Reporte del Análisis de Vulnerabilidad de la seguridad (SVA)

CONCLUSIONES

El sistema de gerencia del riesgo en la industria del gas establecido en la presente monografía, siguiendo los lineamientos expuestos, es un documento de carácter referente para las empresas vinculadas al sector y que revertirá con alto beneficio humano, ambiental, gerencial y empresarial.

El establecimiento de los 12 lineamientos generales como base en el gerenciamiento del riesgo, permite hacer la aproximación necesaria que se requiere para poder gestionar un programa de gerencia del riesgo en las empresas del sector del gas natural.

La gerencia del riesgo, siguiendo los lineamientos planteados, tiene toda la base para ser un documento guía que los gerentes y personal directivo de las empresas vinculadas al sector del gas accedan, y así poder ayudarlos a tomar decisiones en las diferentes actividades y proyectos que la compañía vaya a realizar.

RECOMENDACIONES

Por la dinámica que la industria del gas exige, en la cual están involucrados elementos entre otros como innovaciones tecnológicas, normatividad regional e internacional, competencia del factor humano, mercado-clientes, se recomienda que el presente módulo de gestión de riesgo sea constantemente actualizado en lo pertinente y lo nuevo del sector para una validez permanente.

También es pertinente, y necesario debido a las necesidades particulares, la sugerencia de adaptar, incluir o modificar el módulo a las características específicas de cada entidad. Esta sugerencia es fundamental y será más apropiada en cada empresa, donde el factor humano, empleado, operador, directivos la llevará a cabo en forma responsable y crítica en beneficio de la empresa y el sector.

BIBLIOGRAFÍA

- **[1,2,3,4,5]** Guidelines for Implementing Total Management Planning. Risk Management. Overview
- ARAUJO, Trujillo Alfonso. Principales Técnicas de Reparación en tuberías de acero para conducción de gas natural a alta presión. Universidad Industrial de Santander. 2006.
- ARIAS, Copete Miguel Angel. Programa General de Mantenimiento (PGM) para estaciones compresoras de gas natural. Universidad Industrial de Santander. 2006.
- BP. Getting HSE right a guide for BP managers. 2002.
- BUZELIN, Luiz de Lima. Constantino Alves Aníbal. Risk Management in oil pipelines and gas pipelines. 2000
- DELLA Wong & Reid McPhail, Aon Reed Stenhouse Inc. Key Strategies for Successful Process Safety Management. 2004.
- FLOREZ, Juan. Identificación y evaluación de riesgos. 2002
- GIRSBERGER, Walter. MARCOGAZ, Daniel Hec SWISS GAS AND WATER INDUSTRY ASSOCIATION. SAFETY PERFORMANCE INDICATORS IN GAS DISTRIBUTION: A door opener for public acceptance and guideline for risk-based improvements. 2000
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. Managing major incident risks, Report No. 403, April 2008.

- INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Onshore Oil and Gas Development. 2007
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Unidad de Planeación Minero Energético. Cadena del Gas Natural en Colombia. 2005
- PINEDA, Cesar Augusto. Evaluación del Impacto de la temperatura ambiente sobre la presencia de condiciones críticas de flujo en líneas de transporte de gas natural del sistema colombiano. Universidad Industrial de Santander. 2005.
- RBIttech. Asset Integrity Management. 2000
- SIERRA MONITOR CORPORATION. Gas Risk Management – A Safer Approach to Monitoring for Hazardous Gases. <http://www.sierramonitor.com>.

ANEXO 1. MÉTODOS DE ESTUDIOS DE ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS

Existen varios métodos de análisis de riesgo en procesos para seleccionar el más adecuado para cada instalación o proceso y ofrecer las razones de su selección. Algunas veces la combinación de estos métodos puede ser lo más apropiado. La selección de un método de análisis depende de muchos factores incluyendo el tamaño y la complejidad del proceso y de los conocimientos existentes sobre el proceso. También, estos métodos están sujetos a ciertas limitaciones; así un método depende del juicio realizado y suposiciones, por lo cual deben ser documentadas, comprendidas y mantenidas para futuros estudios.

1. ANÁLISIS DE LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK-LIST)

1.1 DEFINICIÓN

Un análisis de lista de verificación se utiliza para comprobar el estado de un sistema.

El método de análisis de lista de verificación es versátil, fácil de usar y puede ser aplicado en cualquier etapa de la vida de un proceso. Se utiliza principalmente para indicar el cumplimiento de las normas y prácticas. También es una forma costo-efectiva para identificar peligros comunes y habitualmente reconocidos. Las listas de control también proporcionan una base común para el examen de la gestión de las evaluaciones. La lista de verificación completa debe ser aprobada

por todos los funcionarios pertinentes y los administradores antes de que un proyecto pueda pasar de una etapa a la siguiente.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Un análisis de lista de verificación utiliza una lista escrita de los elementos o procedimientos para verificar el estado de un sistema. Las listas de verificación pueden variar mucho en el nivel de detalle, dependiendo del proceso que se analiza. Un análisis de una lista de verificación tradicional usa una lista de elementos específicos para identificar los tipos conocidos de peligros, las deficiencias de diseño, y escenarios de accidentes potenciales asociados con los equipos de proceso y operaciones comunes. El método puede ser utilizado para evaluar los materiales, equipos o procedimientos. Las listas de control son las más utilizadas para evaluar un diseño específico con el que una empresa o industria tiene una cantidad significativa de experiencia, pero también puede ser utilizado en las primeras etapas de desarrollo de procesos totalmente nuevos para identificar y eliminar los riesgos que han sido reconocidos a través de la operación y de evaluación de sistemas similares. Para ser más útil, las listas de control deben ser adaptados específicamente para una instalación individual, proceso o producto.

1.3 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

La realización de un análisis de lista de verificación requiere el acceso a los procedimientos de diseño de ingeniería y operación de las prácticas manuales y debe ser realizado por un equipo con la experiencia adecuada. Un administrador con experiencia personal o ingeniero debe revisar los resultados y el seguimiento

directo de las acciones.

1.3.1 Seleccionar o desarrollar una lista

Una lista de verificación se desarrolla de manera que los aspectos del diseño del proceso u operación que no cumplan con las prácticas industriales se descubran a través de respuestas a las preguntas de la lista. Una lista detallada puede ser tan amplia como sea necesario para satisfacer la situación específica, pero debe aplicarse a conciencia a fin de identificar los problemas que requieren mayor atención. Las listas de verificación detalladas para procesos particulares deben ser ampliadas por las listas genéricas para ayudar a asegurar la rigurosidad. Las listas genéricas son a menudo combinadas con otros métodos para evaluar las situaciones peligrosas.

Las listas de verificación son limitadas por la experiencia de sus autores. Deben ser elaborados por personas que tienen una amplia experiencia con los procesos que estamos analizando. Con frecuencia, las listas de comprobación son creadas mediante la simple organización de la información de los actuales códigos, normas, y los reglamentos. Las listas de verificación deben ser vistas como documentos vivos, y deben revisarse periódicamente y actualizarse cuando sea necesario.

1.3.2 Realizar el análisis

Después de preparar una lista de verificación, puede ser aplicada por los ingenieros de menos experiencia si es necesario. Los miembros del equipo deben inspeccionar el tutorial y las áreas del proceso visualmente para comparar los

equipos de proceso y las operaciones en los puntos de la lista. Los analistas deben responder a los puntos de la lista en base a las observaciones de las inspecciones visuales, documentación del proceso, entrevistas con el personal operativo, y las percepciones personales. Si el proceso de atributos o características de funcionamiento no coinciden con las características deseadas en la lista, los analistas documentan la deficiencia.

1.3.3 Documentar los resultados

Los resultados cualitativos de análisis de lista de verificación varían, pero generalmente produce las respuestas "sí", "no", "no aplicable" o "necesita más información." La lista de verificación debe incluirse en un informe. El equipo de análisis debe resumir las deficiencias observadas durante las visitas guiadas y/o reuniones. La comprensión de estas deficiencias por lo general conduce a la elaboración de una lista de las posibles alternativas de mejora de seguridad que consideran los administradores, o una lista de los peligros identificados y un conjunto de medidas propuestas.

1.4 NECESIDADES DE PERSONAL Y TIEMPO

Cualquier ingeniero con conocimientos del proceso de tema debe ser capaz de utilizar una lista de verificación. Debido a que el artículo PSM requiere un enfoque de equipo, éstos deben participar en la preparación de la lista de control y su aplicación al proceso. Los resultados del análisis deben ser revisados por un analista independiente. Se tiene una estimación del tiempo requerido para realizar

un análisis de peligros en procesos (PrHA) utilizando el método de análisis de lista de verificación como se muestra en la Tabla 1.

ÁMBITO	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Simple/Sistema pequeño	2 a 4 horas	4 a 8 horas	4 a 8 horas
Complejo/Proceso grande	1 a 3 días	3 a 5 días	2 a 4 días

Tabla 1. Aproximación de los requerimientos de tiempo en el análisis de la lista de verificación

1.5 LIMITACIONES DEL ANÁLISIS DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN

Cuando procedan de manuales o de fuentes similares, muchas entradas en una lista de verificación pueden no ser aplicables al proceso en estudio. En otros casos, los riesgos de proceso pueden ser tan inusuales que no están en las listas de verificación estándar. Por lo tanto, puede ser difícil asegurar que todos los peligros han sido analizados. Además, las listas de control pueden indicar que riesgos existen, pero no que escenarios de accidentes son asociados con ellos.

2. ANÁLISIS QUÈ PASARÍA SI... (WHAT IF...)

2.1 DEFINICIÓN

El propósito de un análisis Qué pasaría si, es identificar los peligros, situaciones peligrosas, accidentes o eventos específicos que pueden producir una consecuencia indeseable. El análisis qué pasaría si, incluye el examen de las

posibles desviaciones de la concepción, construcción, modificación, explotación o la intención de un proceso. Puede ser utilizado para examinar prácticamente cualquier aspecto del diseño de la instalación o funcionamiento. Debido a que es tan flexible, puede realizarse en cualquier etapa de la vida de un proceso, debido a que utiliza toda la información de éste y el conocimiento está disponible.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El análisis qué pasaría si.. es un examen de reflexión de un proceso u operación realizada por un grupo de personas con experiencia para ser capaz de hacer preguntas o inquietudes acerca de los eventos no deseados. Requiere que los analistas se apropien del concepto básico de la aplicación específica. A través de este proceso de cuestionamiento, un grupo experimentado de personas identifican los eventos de posibles accidentes, sus consecuencias, y los niveles de seguridad existentes, a continuación, sugieren alternativas para la reducción de riesgos. Los accidentes potenciales identificados no son ni clasificados ni se dan repercusiones cuantitativas. El método de análisis qué pasaría si, sólo puede generar una lista de preguntas y respuestas sobre el proceso. Sin embargo, generalmente resulta en una lista tabular de las situaciones de riesgo, sus consecuencias, los niveles de seguridad, y las posibles opciones para la reducción de riesgos.

2.3 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

2.3.1 Preparación del análisis.

La información necesaria para un análisis qué pasaría si, incluye descripciones de procesos, los parámetros de funcionamiento, los dibujos, y los procedimientos operativos. Toda la información debe estar disponible para el equipo de PrHA, si es posible, antes de las reuniones de equipo. Para el análisis de una instalación existente, si el equipo de PrHA lo desea, puede entrevistar al personal responsable de las operaciones, mantenimiento, servicios públicos, o de otros servicios, si no están en el equipo de PrHA. Además, si el análisis se realiza fuera del sitio, el equipo de PrHA debe realizar una visita para entender con mayor facilidad su diseño, construcción y operación. De un nuevo proceso o una aplicación por primera vez, preguntas preliminares deben ser desarrolladas por los miembros del equipo antes de las reuniones, aunque las preguntas adicionales formuladas durante las reuniones son esenciales.

2.3.2 Realizar el análisis.

El alcance del estudio debe ser acordado por los miembros del equipo. Las reuniones de análisis deben comenzar con una explicación básica del proceso, por el personal de operaciones que tienen las instalaciones y poseen el conocimiento del proceso, además de conocimientos técnicos pertinentes al área del equipo de investigación. La presentación también debe describir las medidas de seguridad de las instalaciones, equipos de seguridad y procedimientos de control de la salud. Luego las reuniones giran en torno a posibles problemas de seguridad identificados por los analistas. A los analistas se les motiva a expresar cualquier

preocupación de seguridad potencial en términos de las preguntas que comienzan con "qué pasaría si". Sin embargo, cualquier preocupación de seguridad del proceso puede ser expresado, incluso si no se formula como una pregunta. Las preguntas pueden tratar cualquier condición fuera de lo normal en relación con la instalación, no sólo las fallas de componentes o de las variaciones del proceso. Las preguntas se formulan sobre la base de la experiencia de miembros del equipo PrHA y se aplica a los dibujos existentes y descripciones de procesos. Las preguntas y, finalmente, las respuestas (incluyendo los riesgos, las consecuencias, los niveles de seguridad de ingeniería, y las posibles soluciones a las preguntas importantes), se registran por el miembro del equipo designado como "escriba", de modo que puedan ser vistas por todos los miembros del equipo.

Las preguntas se pueden dividir en áreas específicas de investigación por lo general relacionadas con las consecuencias de interés, tales como la seguridad eléctrica, protección contra incendios, o el personal de seguridad. Cada área está dirigida posteriormente por un equipo de uno o más individuos reconocidos. El equipo da respuestas a cada pregunta e indica las direcciones de cada problema (o indica una necesidad de más información) e identifica los peligros, las posibles consecuencias, los niveles de seguridad de ingeniería, y las posibles soluciones. A veces las respuestas propuestas son elaboradas por personas ajenas a la reunión inicial, y luego se presenta al equipo para su aprobación o modificación. El equipo no debe precipitarse, y las reuniones no debe durar más de 4 a 6 horas por día. Si

el proceso es complejo o grande, debe ser dividido en segmentos más pequeños para que el equipo no pase varios días consecutivos limitándose a enumerar las preguntas.

2.3.3 Documentar los resultados.

El análisis qué pasaría si, produce una lista tabular de la narrativa de preguntas generales y respuestas que constituyen escenarios de posibles accidentes, sus consecuencias cualitativas, y el riesgo de posibles métodos de reducción. La Tabla 2 muestra el formato de un "qué pasaría si", en una hoja de análisis de cálculo.

LÍNEA/TANQUE Fecha: Página__ a__

QUÉ PASA SI	CONSECUENCIA	NIVELES DE SEGURIDAD	ESCENARIO	COMENTARIOS

Tabla 2. Formato típico para un análisis que pasaría si

La columna de comentarios puede contener información descriptiva adicional o acciones y/o recomendaciones. Las recomendaciones, a veces con explicaciones más detalladas, pueden resumirse en el informe, para elaborar una lista de elementos de acción o sugerencias para mejorar la seguridad del proceso. Estos resultados deben ser revisados con la administración para garantizar que sean

transmitidos a los que en última instancia, son responsables de las acciones.

2.4 NECESIDADES DE PERSONAL Y TIEMPO

La regla de PSM (*Process Safety Management*) exige que un análisis de “*qué pasaría si*”, se realice por un equipo con experiencia en ingeniería y operaciones de proceso. Debe incluir al menos un empleado con experiencia en el proceso, y un experto en el uso del método de análisis. Para los procesos simples, dos o tres personas pueden ser asignadas para realizar el análisis. Sin embargo, equipos más grandes pueden ser necesarios para los procesos más complejos. Cuando se requiere un gran equipo, el proceso puede ser dividido lógicamente en pedazos más pequeños, y un subconjunto de el equipo puede analizar cada pieza. El tiempo y el costo de un análisis *qué pasaría si*, son proporcionales a la cantidad y complejidad de los procesos que se analiza. La tabla 3 presenta una estimación del tiempo requerido para realizar un análisis de peligros en procesos (PrHA), utilizando el método de análisis *qué pasaría si* como se muestra.

ÁMBITO	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Simple/Sistema pequeño	4 a 8 horas	4 a 8 horas	1 a 2 días
Complejo/Proceso grande	1 a 3 días	3 a 5 días	1 a 3 semanas

Tabla 3. Aproximación de los requerimientos de tiempo en el análisis del método *Qué pasaría si*

2.5 LIMITACIONES DEL ANÁLISIS QUÉ PASARÍA SÍ

El análisis de “qué pasaría sí” es un método PrHA poderoso si el equipo de análisis es experimentado y bien organizado. De lo contrario, debido a que posee un enfoque relativamente poco estructurado, los resultados suelen ser incompletos.

3. ANÁLISIS DE LA LISTA DE REQUERIMIENTOS / QUÉ PASARÍA SÍ...(CHECK LIST/WAHT IF).

3.1 DEFINICIÓN

El propósito de un análisis de la lista de requerimientos de qué pasaría si, es identificar los peligros, considerar los tipos de accidentes que pueden ocurrir en un proceso o actividad, evaluar de forma cualitativa las consecuencias de estos accidentes, y determinar si los niveles de seguridad en contra de estos posibles escenarios de accidentes parecen adecuados.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El método de análisis de la lista de requerimientos de qué pasaría sí combina lo creativo, de intercambio de ideas características del análisis del método qué pasaría si, con las características del análisis sistemático de lista de verificación. El equipo de PrHA utiliza el método de análisis qué pasaría si para una lluvia de ideas de los tipos de accidentes que pueden ocurrir dentro de un proceso. Luego el equipo utiliza uno o más listas de verificación para ayudar a llenar las lagunas existentes. Por último, los miembros del equipo sugieren formas para reducir el riesgo de operar el proceso. El análisis qué pasaría sí alienta al equipo PrHA a considerar los acontecimientos de accidentes potenciales y las consecuencias que van más allá de la experiencia de los autores en una buena lista y, por tanto, no están cubiertos. Por el contrario, la lista de control le da un carácter sistemático al

análisis. Este método se utiliza generalmente para analizar los riesgos más comunes que existen en un proceso.

3.3 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

3.3.1 Preparación del análisis.

Para un análisis de la lista de verificación de qué pasaría, el líder del equipo PrHA reúne un equipo calificado y si el proceso es grande, lo divide en funciones, las áreas físicas, o las tareas que proporcionar un poco de orden a la revisión. Para la parte del análisis de la lista de verificación, el líder del equipo PrHA obtiene o desarrolla una lista de control adecuada para el equipo. Esta lista no necesita ser tan detallada como las utilizadas para un análisis de lista de control estándar. En lugar de centrarse en una lista específica de diseño o características de funcionamiento, la lista de verificación utilizada aquí, debe centrarse en general, en las características de peligrosidad del proceso. Después que los miembros del equipo han identificado todas las preguntas en un área particular o paso del proceso, se aplican a la lista preparada. El equipo considera cada elemento de lista de verificación para determinar otros escenarios de accidentes potenciales. Si es así, estos escenarios se añaden a la lista de qué pasaría si, para evaluarlos de la misma manera. La lista se revisa para cada área o paso en el proceso.

3.3.2 Evaluación de las preguntas.

Después de desarrollar preguntas relacionadas con posibles situaciones de accidente, el equipo PrHA considera cada una; determina cualitativamente los

posibles efectos del accidente potencial, y las listas de los niveles de seguridad existentes para prevenir, mitigar o contener los efectos del accidente. Posteriormente, el equipo evalúa el significado de cada accidente y determina si se debe recomendar alguna mejora de seguridad. Este proceso se repite para cada área o etapa del proceso o actividad.

3.3.3 Documentar los resultados.

El método de análisis de la lista de verificación de qué pasaría sí, comúnmente genera una tabla de posibles situaciones de accidente, las consecuencias, los niveles de seguridad, y elementos de acción. Los resultados también pueden incluir una lista completa o un relato. El equipo de PrHA también puede finalizar el documento de la lista de verificación para ayudar a ilustrar la exhaustividad del análisis.

3.4 LIMITACIONES DEL ANÁLISIS DE LA LISTA DE VERIFICACIÓN DE QUÉ PASARÍA SI...

La combinación de los métodos qué pasaría si y la lista de verificación pone de relieve sus principales características positivas (es decir, la creatividad del análisis de rigor y la experiencia basada en un análisis de lista de verificación), mientras que al mismo tiempo, compensan sus carencias. La lista de verificación puede proporcionar ideas incompletas en el diseño de procedimientos y características de funcionamiento necesarias para un proceso seguro. El análisis de "qué pasa si"

utiliza la creatividad de un equipo y la experiencia de una lluvia de ideas para escenarios de accidentes potenciales. Sin embargo, debido a que el método de análisis qué pasaría sí, no es tan detallado, sistemático, completo, como algunos de los enfoques más reglamentados (por ejemplo, el estudio HAZOP, FMEA), el uso de una lista de verificación permite al equipo PrHA llenar los vacíos en su proceso de pensamiento.

3.5 NECESIDADES DE PERSONAL Y TIEMPO

El número de personas necesarias, depende de la complejidad del proceso y, en cierta medida la etapa en que el proceso está siendo evaluado. Normalmente, utilizando este método un PrHA requiere menos personas y reuniones más cortas que un método más estructurado como un estudio HAZOP. Las estimaciones del tiempo necesario para realizar una PrHA utilizando el método de análisis de la lista de verificación de qué pasaría sí se muestra en la Tabla 4.

ÁMBITO	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Simple/Sistema pequeño	6 a 12 horas	6 a 12 horas	4 a 8 horas
Complejo/Proceso grande	1 a 3 días	4 a 7 días	1 a 3 semanas

Tabla 4. Aproximación del tiempo en el análisis de la lista de verificación Qué pasaría sí

4. ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

El estudio HAZOP se desarrolló para identificar los peligros en las plantas de proceso e identificar los problemas de operatividad, que aunque no es peligroso, podría afectar a la productividad de la planta. El concepto básico detrás de los estudios HAZOP es que los procesos de trabajo operen bajo condiciones de diseño. Cuando las desviaciones de las condiciones del proceso de diseño se producen, los problemas de operatividad y los accidentes pueden ocurrir. El método de estudio HAZOP usa palabras guía para ayudar al equipo de análisis en el examen de las causas y consecuencias de las desviaciones.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Un estudio HAZOP requiere un conocimiento considerable del proceso, su instrumentación, y su funcionamiento. Esta información se proporciona generalmente por los miembros expertos del equipo. El equipo debe incluir a individuos con una variedad de experiencia, incluyendo el diseño, ingeniería, operaciones y mantenimiento. Las principales ventajas de un estudio HAZOP son la creatividad y nuevas ideas. La creatividad es el resultado de las interacciones entre los miembros del equipo con diversos orígenes. Estas interacciones suelen generar nuevas ideas. El éxito de un estudio HAZOP depende de la libertad de los miembros a expresar libremente sus opiniones. La combinación de este enfoque con un protocolo sistemático para el examen de los peligros promueve la minuciosidad y la precisión.

4.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Un estudio HAZOP tiene tres pasos: definir el proceso, realizar el estudio, y documentar los resultados. Definir el proceso y la documentación de los resultados puede ser realizado por una sola persona. El propio estudio debe ser realizado por un equipo.

4.2.1 Definir el proceso a estudiar.

Este paso identifica los tanques, equipos e instrumentación para ser incluidos en el estudio HAZOP y las condiciones en que son analizados. Definir el problema consiste en definir los límites de los análisis y el establecimiento de un nivel adecuado de resolución para el estudio.

4.2.2 Realizar el estudio.

Un estudio HAZOP se centra en puntos específicos de un proceso llamado "nodos de estudio," las secciones del proceso, o las medidas de funcionamiento. Dependiendo de la experiencia del líder del estudio, la parte de un proceso incluido en un nodo único de estudio puede variar. En los estudios más conservadores, cada línea y cada tanque se consideran por separado. Si se experimenta el líder del estudio HAZOP, él o ella puede optar por combinar dos o más líneas en un nodo único estudio. Si se incluye demasiado de un proceso en

un nodo único estudio, las desviaciones pueden pasarse por alto. Si de un proceso se incluye muy poco, el estudio puede ser tedioso. Además, las causas de las desviaciones y sus posibles consecuencias pueden ser separadas. En el lado positivo, un estudio con muchos nodos es menos probable que se pierda escenarios que uno con muy pocos nodos.

El equipo de HAZOP examina cada nodo de estudio para desviaciones del proceso potencialmente peligrosos. En primer lugar, la intención del diseño se define como el propósito de delinear el equipo y los parámetros del proceso. Las desviaciones de proceso se determinan por la combinación de palabras guía con los parámetros importantes del proceso. Si las causas y las consecuencias son importantes, y los niveles de seguridad son insuficientes, el equipo puede recomendar una acción de seguimiento. En algunos casos, el equipo puede identificar una desviación con una causa realista, pero consecuencias desconocidas, debe recomendar estudios de seguimiento para determinar las posibles consecuencias. El estudio HAZOP se debe realizar de manera deliberada y sistemática para reducir la posibilidad de omisiones. Dentro de un nodo de estudio, todas las desviaciones asociadas con un parámetro determinado de proceso, debe ser analizado antes de que el siguiente parámetro del proceso sea considerado. Todas las desviaciones de un estudio de un nodo determinado deben ser analizadas antes de que el equipo proceda al siguiente nodo.

4.2.3 Documentar los resultados.

La documentación de un estudio HAZOP es una tabulación sistemática y coherente de los efectos de las desviaciones del proceso. El estudio genera narraciones acerca de las condiciones normales de funcionamiento y condiciones de contorno del análisis de cada artículo del equipo. Además, se proporciona una lista de las posibles acciones que deben ser evaluadas. Un informe típico de estudio HAZOP debería incluir una breve descripción del sistema, una lista de los dibujos o los equipos analizados, los intentos de diseño, mesas de estudio HAZOP, y una lista de acciones.

4.3 NECESIDADES DE PERSONAL Y TIEMPO

Las necesidades de personal para los estudios de HAZOP varían con el tamaño y la complejidad del proceso. El tiempo y costo son proporcionales a la magnitud del proceso que se está analizando y la experiencia de la líder del estudio y miembros del equipo. Las sesiones de estudio deben limitarse a 3 días consecutivos. Las estimaciones del tiempo necesario para realizar una PrHA utilizando el método de análisis HAZOP se muestra en la Tabla 5.

ÁMBITO	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Simple/Sistema pequeño	8 a 12 horas	1 a 3 días	2 a 6 horas
Complejo/Proceso grande	1 a 4 días	1 a 4 semanas	2 a 6 semanas

Tabla 5. Aproximación del tiempo en el análisis HAZOP

4.4 LIMITACIONES DE LOS ESTUDIOS DE PELIGROS Y OPERABILIDAD

La principal limitación de un estudio HAZOP es el largo tiempo necesario para llevarlo a cabo. Debido a que el estudio está diseñado para proporcionar un análisis completo, las sesiones de estudio pueden ser intensas y agotadoras. Los estudios HAZOP no suelen mirar a los riesgos profesionales (por ejemplo, equipos eléctricos, equipos rotativos, las superficies calientes) o peligros crónicos (por ejemplo, la exposición crónica a productos químicos, ruido, estrés térmico).

5. MÉTODO DE FALLA Y ANÁLISIS DE EFECTOS (FMEA)

FMEA es Failure Mode And Effects Analysis

5.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Un método de falla y análisis de efectos (FMEA) se utiliza para examinar cada modo de falla potencial de un proceso, con el fin de determinar los efectos de la falla en el sistema. Un modo de falla es el síntoma, condición, o manera en que el equipo falla. Puede ser identificado como una pérdida de la función, una función prematura (una función sin demanda), una condición del equipo insuficiente para la demanda, o una característica física, como una fuga, observada durante la inspección. El efecto de un modo de falla es determinado por la respuesta del sistema a la falla.

5.2 ANÁLISIS DEL PROCESO

Un FMEA tiene tres pasos: (1) la definición del proceso, (2) realizar el análisis, y (3) documentar los resultados. La definición del proceso de estudio y la documentación de los resultados pueden ser realizadas por una sola persona. El propio análisis debe ser realizado por un equipo.

5.2.1 Definición del proceso.

En este paso se identifican los tanques, equipos e instrumentación para ser incluido en el FMEA y las condiciones en las que son analizados. Definir el problema consiste en establecer un nivel adecuado de resolución para el estudio y definir las condiciones límite para el análisis. El nivel de resolución requerido determina el grado del detalle necesario para el FMEA. Las opciones para el nivel de resolución van desde el nivel de subcomponente hasta nivel de sistema. Para satisfacer los requisitos de la regla PSM, la mayoría del FMEA se debe realizar a nivel de componentes principales. Este nivel ofrece la mejor relación entre el tiempo necesario para realizar el análisis y la utilidad de la información obtenida de él. Se definen las condiciones frontera del análisis que requiere lo siguiente:

1. Identificar el sistema o proceso que ha de ser analizados.
2. El establecimiento de los límites físicos del sistema o proceso.
3. El establecimiento de los límites de análisis del sistema o proceso.
4. La documentación de las funciones internas y de interfaz.

5. Documentar el desempeño esperado del sistema, proceso o elemento del equipo, las restricciones del sistema o proceso, y las definiciones de falla de los artículos del equipo, el proceso, o el sistema.
6. Recoger al día la información identificando el equipo del proceso y su relación funcional con el sistema.

Los documentos funcionales sobre el sistema o proceso deben incluir la descripción del comportamiento esperado del sistema o proceso y los componentes del equipo para cada modo de funcionamiento. Los documentos deben describir las características operativas de los componentes y las funciones y los resultados de cada uno. Para ayudar en la revisión, los diagramas de bloques deben construirse de manera que ilustren la operación, las interrelaciones e interdependencias de los componentes funcionales para cada elemento del equipo. Todas las interfaces deben indicarse en estos diagramas de bloque.

5.2.2. Realización del análisis.

El FMEA se debe realizar de manera deliberada y sistemática para reducir la posibilidad de omisiones y para mejorar la integridad. Todos los modos de fallo de uno de los componentes deben ser tratados antes de pasar al siguiente componente. Una hoja de FMEA es producida comenzando en el límite del sistema sobre un dibujo de referencia y evaluando sistemáticamente los componentes en el orden en que aparecen en la ruta de flujo del proceso. Una hoja de cálculo como la que se muestra en la tabla 6 debería ser completada para cada artículo del equipo.

- *Modo de falla.* El equipo PrHA debe realizar una lista de todos los equipos y los modos de falla. Dada la condición de funcionamiento normal del equipo, el equipo debe considerar todos los fallos posibles.
- *Causa(s).* Si lo desea, las causas profundas de los modos de fallo deben ser identificadas. La identificación de las causas profundas proporciona información útil para la clasificación de los peligros.
- *Modo de operación.* Si el equipo analizado está sujeto a los diferentes modos de operación, cada modo de funcionamiento debe ser identificado y analizado por separado.
- *Efectos.* Para cada modo de fallo identificado, el equipo de PrHA debe describir los efectos previstos de la falla en el sistema o proceso general. La clave para realizar un FMEA coherente es asegurar que todos los fallos de los equipos se analizan mediante una base común. Por lo general, los analistas evalúan los efectos sobre la base del peor caso, suponiendo que los niveles de seguridad existentes no funcionan. Sin embargo, una hipótesis más optimista puede ser satisfactoria, siempre que todos los modos de Falla de Equipo sean analizados en la misma base.
- *Método de detección del error.* Los medios de detección de fallas deben ser identificados, tales como dispositivos de detección visual o dispositivos de alarma, instrumentación de detección automáticos, u otros indicadores. El objetivo principal de identificar los métodos de detección de fallos es determinar si el modo de fallo es "oculto", es decir, no detectable por algún

período de tiempo. Si no hay medios para detectar el fallo, "ninguno" debe ser ingresado en la hoja de cálculo.

- *Disposiciones de compensación.* Para cada modo de fallo identificado, el equipo PrHA debe describir las disposiciones de diseño, dispositivos de descompresión o de seguridad, o acciones de un operador que puede reducir la probabilidad de un incumplimiento específico o mitigar las consecuencias del mismo.
- *Grado de severidad.* La gravedad de la peor consecuencia se debe especificar así:

Categoría I. Catastrófico: Puede causar la muerte o pérdida del sistema o proceso.

Categoría II. Crítico: Puede causar lesiones graves, daños materiales importantes, o daños en el sistema principal.

Categoría III. Marginal: Puede causar lesiones de menor importancia, daños menores a la propiedad, o daños en el sistema de menor importancia.

Categoría IV. Menor: No es lo suficientemente grave como para causar lesiones, daños materiales, o daños en el sistema, pero puede resultar en un mantenimiento no programado o en una reparación.

- *Comentarios/Acciones.* Para cada modo de fallo identificado, el equipo de PrHA debe sugerir acciones para reducir la probabilidad de falla o mitigar sus efectos. Las acciones sugeridas para una determinada pieza de un

equipo pueden centrarse en las causas o los efectos de los modos de falla específicos o se pueden aplicar a todos los modos de falla colectivos.

Si el equipo descubre que un punto único de falla no es detectable, el FMEA debe ampliarse para determinar si los efectos de un segundo fracaso en combinación con la primera podrían tener consecuencias catastróficas. Cuando una seguridad, redundante o componente de copia de seguridad es evaluado, el análisis debe considerar las condiciones que generaron la necesidad del componente.

5.2.3 Documentar los resultados.

Un FMEA genera una lista de referencia sistemática y cualitativa, de los equipos, los modos de fallo y efectos. Los resultados de un FMEA por lo general aparecen en forma de cuadros, por tema del equipo. Este cuadro muestra una típica hoja de cálculo utilizada para realizar un FMEA. Para cada elemento de equipo se identifican los modos de fallo de estos elementos y si se desea, las causas de ese modo de fracaso. Para cada modo de fallo, se identifica una estimación más pesimista de las consecuencias. Esta estimación de peor caso supone la falla de toda la protección y las consecuencias no deseadas de la falla. El método por el cual la falla es detectada se especifica

junto con las disposiciones de compensación. Por último, cualquier sugerencia para mejorar la seguridad se enumera en la tabla en el espacio respectivo.

La Regla PSM exige que un FMEA ser realizado por un equipo, cuyos miembros participan en el análisis. La forma más práctica de realizar el FMEA es la de preparar las hojas de cálculo en blanco en gráficos vistos en una gran pantalla. Para cada artículo del equipo, el equipo PrHA llega a un consenso sobre sus modos de fallo y sus causas, efectos, métodos de detección, las disposiciones de compensación, la gravedad (si lo desea), y cualquier observación o elementos de acción.

5.3 NECESIDADES DE PERSONAL Y TIEMPO

Las necesidades de personal para un FMEA varían con el tamaño y la complejidad de los artículos del equipo que se analiza. El tiempo y el costo de un FMEA son proporcionales al tamaño del proceso y el número de componentes analizados. En promedio, una hora es suficiente para analizar de 2 a 4 artículos del equipo. Para los procesos o sistemas en los que los artículos de equipos similares realizan funciones similares, se reducen los requisitos de tiempo para completar un FMEA.

5.4 LIMITACIONES DE MODO DE FALLO Y ANÁLISIS DE EFECTOS

Los errores de un operador humano no suelen examinarse en FMEA, pero los efectos del error humano se señalan como un modo de falla del equipo. FMEA rara vez investiga los daños o heridas que podrían surgir si el sistema o proceso es operado con éxito. Debido a que FMEA se enfoca únicamente en los eventos de fracaso, los cuales no son eficientes para la identificación de una lista exhaustiva de las combinaciones de fallas de los equipos que llevan a los accidentes.

6. ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS (FTA)

6.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO (FTA)

El análisis del árbol de fallas (*Fault Tree Analysis*) es un proceso sistemático, el análisis de fallas deductivo que se centra en un accidente o evento particular no deseado llamado “evento superior”, y se desarrolla la secuencia subyacente de acontecimientos que condujeron al evento superior. Un análisis del árbol de fallas por separado se debe realizar para cada evento superior. El método de análisis de árbol de fallas es más eficiente en el análisis de sistemas complejos con un número limitado de riesgos bien identificados. En la mayoría de los casos, los FTA son utilizados para realizar análisis en profundidad de eventos peligrosos identificados por otro método de evaluación de riesgos.

El FTA es un método deductivo que utiliza símbolos de la lógica booleana para identificar las causas del hecho superior, para fallas de los equipos básicos y errores humanos. Los analistas empiezan con el principio del evento, determinan las causas y las relaciones lógicas entre las causas y el evento superior. Cada una de las causas, llamados eventos intermedios, se examina en la misma manera hasta que las causas básicas de todos los eventos intermedios han sido identificadas. El árbol de fallas es una representación gráfica de las relaciones entre los eventos base y el acontecimiento superior seleccionado. A continuación se presentan los símbolos estándar que se utiliza en la construcción del árbol de fallas para mostrar estas relaciones.

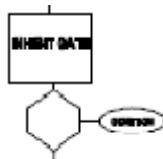
Un árbol de fallas es en sí, una ecuación booleana sobre acontecimientos básicos para el evento superior.



AND GATE: El evento de salida se produce si y sólo si todos los eventos de entrada se producen.



OR GATE: El evento de salida se produce si cualquiera de los eventos de entrada se produce.



INHIBIT GATE: El evento de salida se produce cuando se produce el evento de entrada y la condición de inhibición o restricción está satisfecha.



DELAY GATE: El evento de salida se produce cuando el evento de entrada se ha producido y el tiempo de espera ha expirado.



EVENTO INTERMEDIO: Un evento de falla resulta de las interacciones de los eventos de otra falta que se desarrollan a través de puertas lógicas, tales como los definidos anteriormente



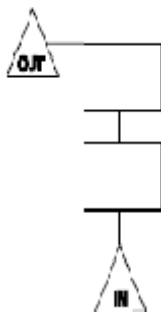
EVENTO BÁSICO: Un evento de falla representa una falla de un componente un error humano que no requiere de un mayor desarrollo. Un acontecimiento fundamental es el nivel más bajo del propósito del árbol de falla.



EVENTO SIN DESARROLLAR: Un evento de falla que representa un fallo o error, que no se volverá a analizar porque la información no está disponible o porque el desarrollo está más allá del alcance del estudio.



EVENTO DE CASO O EXTERIORES: Un evento de falla que representa una condición o evento que se supone que existe ya sea como una condición límite para el árbol de falla o porque el evento produce siempre una falla a menos que tenga lugar.



SÍMBOLOS DE TRANSFERENCIA IN/OUT: La transferencia en símbolo indica que el árbol de falla se desarrolla más a fondo en el correspondiente símbolo de transferencia OUT. La transferencia de los símbolos se usa para transferir fuera de la página o para evitar la repetición idéntica de la lógica (con idénticos hechos) en varios lugares en un árbol de falla.

Si se analizan cuantitativamente, se calculan las probabilidades o frecuencias de los eventos intermedios y el evento superior. Si se analiza cualitativamente, se calcula una lista de las combinaciones de fallas que puede hacer que el evento superior se genera. Estas combinaciones se conocen como grupos de corte. Un grupo de corte mínimo (MCS) es la combinación más pequeña de los acontecimientos básicos que, si se producen o existen simultáneamente, producen el evento superior. Estas combinaciones se denominan “mínimas”, porque todos los eventos de base en una MCS deben ocurrir si el evento superior se produce. Así, una lista de MCS representa las formas conocidas en que el evento superior puede ocurrir, estado en términos de fallas de equipos, errores humanos, y las circunstancias correspondientes.

6.2 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

Un FTA tiene cuatro pasos:

1. La definición del sistema o proceso
2. La construcción de los árboles de fallas
3. El análisis de los árboles de fallas
4. Documentación de los resultados

Para cumplir con los requisitos de la Regla PSM, que define el proceso de estudio, la realización del análisis y la documentación de los resultados puede

ser realizada por una sola persona. La construcción de los árboles de falla debe ser realizada por un equipo.

6.2.1 La definición del proceso.

Este paso identifica el evento superior o eventos específicos para ser evaluados y las condiciones límite en que son analizados. Las condiciones límite son las siguientes:

- Sistema de límites físicos
- Eventos no permitidos
- Nivel de resolución
- Configuración inicial del equipo
- Condición inicial de operación
- Condiciones existentes
- Otras hipótesis

Los límites de los sistemas físicos incluyen el equipo, las interfaces con otros procesos, y la utilidad de los sistemas de apoyo para ser analizadas. Junto con los límites del sistema físico, los analistas deben especificar los *niveles de resolución* para eventos árbol de fallas que refleja las fallas de equipos y sistemas de apoyo (es decir, el nivel de los principales componentes, el nivel de subcomponente, el nivel del sistema y el nivel de subsistema). Otras condiciones de contorno son la *configuración inicial del equipo o las*

condiciones de funcionamiento inicial. Las condiciones iniciales reflejan el estado inicial de todos los componentes y sistemas de apoyo que se incluyen en el FTA. Esta condición de frontera describe el sistema en su estado normal.

Los eventos no permitidos son aquellos que se consideran increíble, o que, por alguna otra razón, no deben ser considerados en el análisis. *Las condiciones existentes* son para el propósito del FTA, eventos o condiciones que se consideren seguras de ocurrir. Las condiciones no permitidas y existentes no aparecen en el árbol de fallas, pero sus efectos deben ser considerados en el desarrollo de eventos de falla de otras construcciones de árboles de falla.

Debido a un amplio ámbito o un límite superior mal definido se puede dar lugar a un análisis ineficiente, el evento superior debe ser definido con precisión para mostrar el "qué", "cuándo" y "dónde" del accidente. En consecuencia, los analistas pueden especificar *otros supuestos*, cuando sea necesario, para definir el sistema o proceso para ser analizados.

6.2.2 Construir el árbol de fallas

La construcción del árbol de falla empieza desde el límite superior y procede nivel por nivel, hasta que todos los eventos de fallas son llevados a sus eventos básicos. El análisis comienza con una revisión de los requisitos del sistema, la función, el diseño, medio ambiente y otros factores para determinar las condiciones, los eventos y fallas que puedan contribuir a la ocurrencia de un

evento principal no deseado. El evento superior se define en términos de sub-eventos más destacados, es decir, los eventos que describen lo específico "cuándo y dónde" de los riesgos en el caso superior. A continuación, los analistas examinan los principales sub-eventos y determinan las causas inmediatas, necesarias y suficientes que dan lugar a cada uno de estos eventos. Normalmente, las causas, no son básicas, pero son fallas intermedias que requieren un mayor desarrollo. Por cada falla intermedia, las causas se determinan y se muestra en el árbol de fallas con la puerta lógica adecuada. Las causas de fallas, o eventos de base, son fallas de los equipos, los errores de la respuesta humana, y los eventos de iniciación.

6.2.3 Evaluación del árbol de fallas

Después de la construcción de un árbol de fallas, se puede hacer la entrada a un programa de análisis de equipos de árbol de fallas, como FTAP, IRRAS, o WAM. La salida del programa de ordenador es una lista de MCSs, de las causas que hacen que el evento superior ocurra. Para cada uno de los MCS, los analistas describen las consecuencias asociadas con ese conjunto de corte. La Tabla 7 muestra una hoja típica utilizada para documentar las consecuencias asociadas con MCSs.

Tabla 7. Documentación mínima del conjunto de corte

EVENTO SUPERIOR: PÁGINA:			FECHA:
GRUPO DE CORTE	CONSECUENCIA	SITUACIÓN #	COMENTARIOS

6.2.4 Documentar los resultados.

Una lista ordenada de MCSs para un sistema, junto con la consecuencia de cada grupo de corte, es el producto cualitativo final de un análisis del árbol de falla. Basado en el número y tipo de fallas en el MCSs, el equipo de PrHA puede recomendar mejoras para que el evento superior sea menos probable.

6.3 LAS NECESIDADES DE PERSONAL Y EL TIEMPO

Aunque la construcción de árboles de fallas no es comúnmente hecha por el equipo de enfoque, para cumplir con el requisito de la Regla PSM, todos los miembros de un equipo PrHA deben aportar en la construcción de árboles de

fallas. El equipo de PrHA puede asignar a una persona para señalar el árbol de falla. El equipo puede llegar a un consenso sobre el tipo (AND, OR) y los insumos para cada puerta de árbol de falla, y las puertas se pueden añadir a la elaboración del árbol de fallas. Sin embargo, debido a esto FTA desarrolló un modelo de un sistema, esto no es fundamentalmente un método de consenso. El uso de FTA requiere una comprensión detallada de cómo un proceso o funciones del sistema, los planos detallados y los procedimientos, y el conocimiento de los modos de fallo de componentes y efectos. El líder del equipo debe estar bien capacitado y con experiencia en la construcción de árboles de fallas.

Los requisitos de tiempo y costo para un análisis de árbol de fallas, dependerá de la complejidad del proceso que se está analizando y el nivel de resolución. Con un equipo experimentado, un único evento superior que participa en un simple proceso podría requerir un día o menos. Los procesos complejos o sistemas grandes con muchos eventos de accidente pueden requerir varias semanas o meses, incluso con un equipo de análisis de experiencia. La tabla 8 presenta las estimaciones del tiempo necesario para realizar una PrHA utilizando el método del FTA.

Tabla 8. Estimaciones de tiempo para usar el método de análisis del árbol de fallas.

ÁMBITO	PREPARACIÓN	MODELO DE CONSTRUCCIÓN	EVALUACIÓN CUALITATIVA	DOCUMENTACIÓN
Simple/Sistema pequeño	1 a 3 días	2 a 6 días	2 a 4 días	3 a 5 días
Complejo/Proceso grande	4 a 6 días	2 a 3 semanas	1 a 4 semanas	3 a 5 semanas

6.4 LIMITACIONES DEL ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS

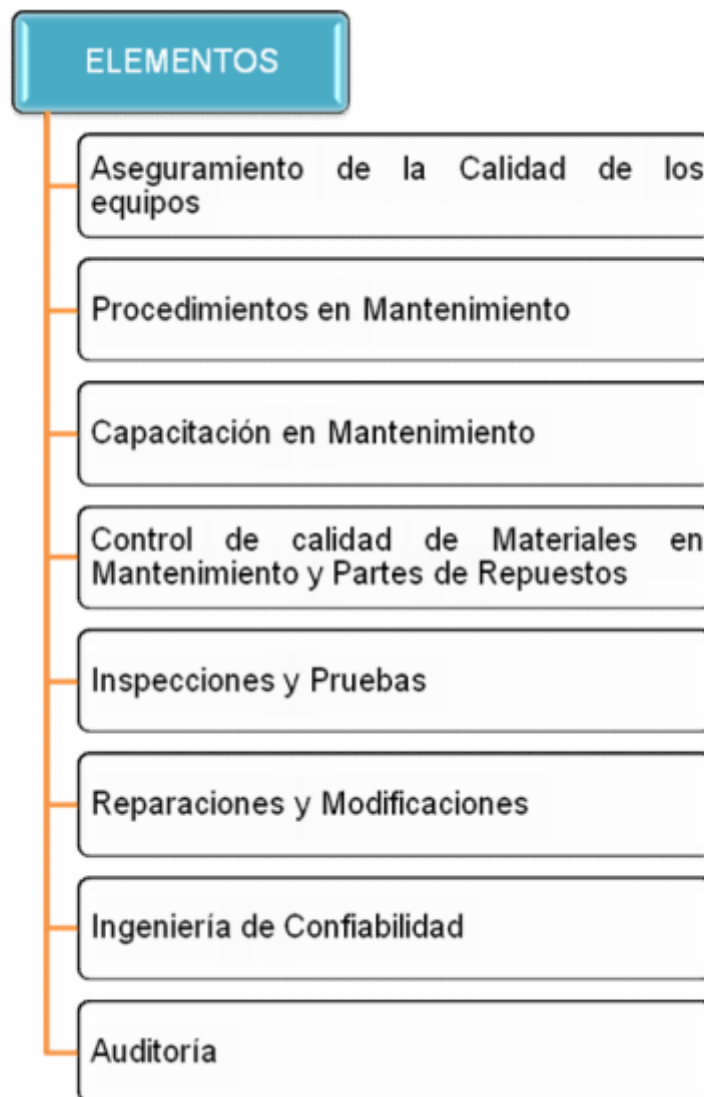
El FTA está diseñado para desarrollar las combinaciones lógicas de las fallas necesarias para provocar que un acontecimiento dado que se produzca. No es un método práctico eficiente, sencillo, para identificar los peligros presentes en la mayoría de los sistemas o procesos, ni necesariamente promueve un conocimiento más práctico de los peligros, que es la intención de la PSM (process safety management)

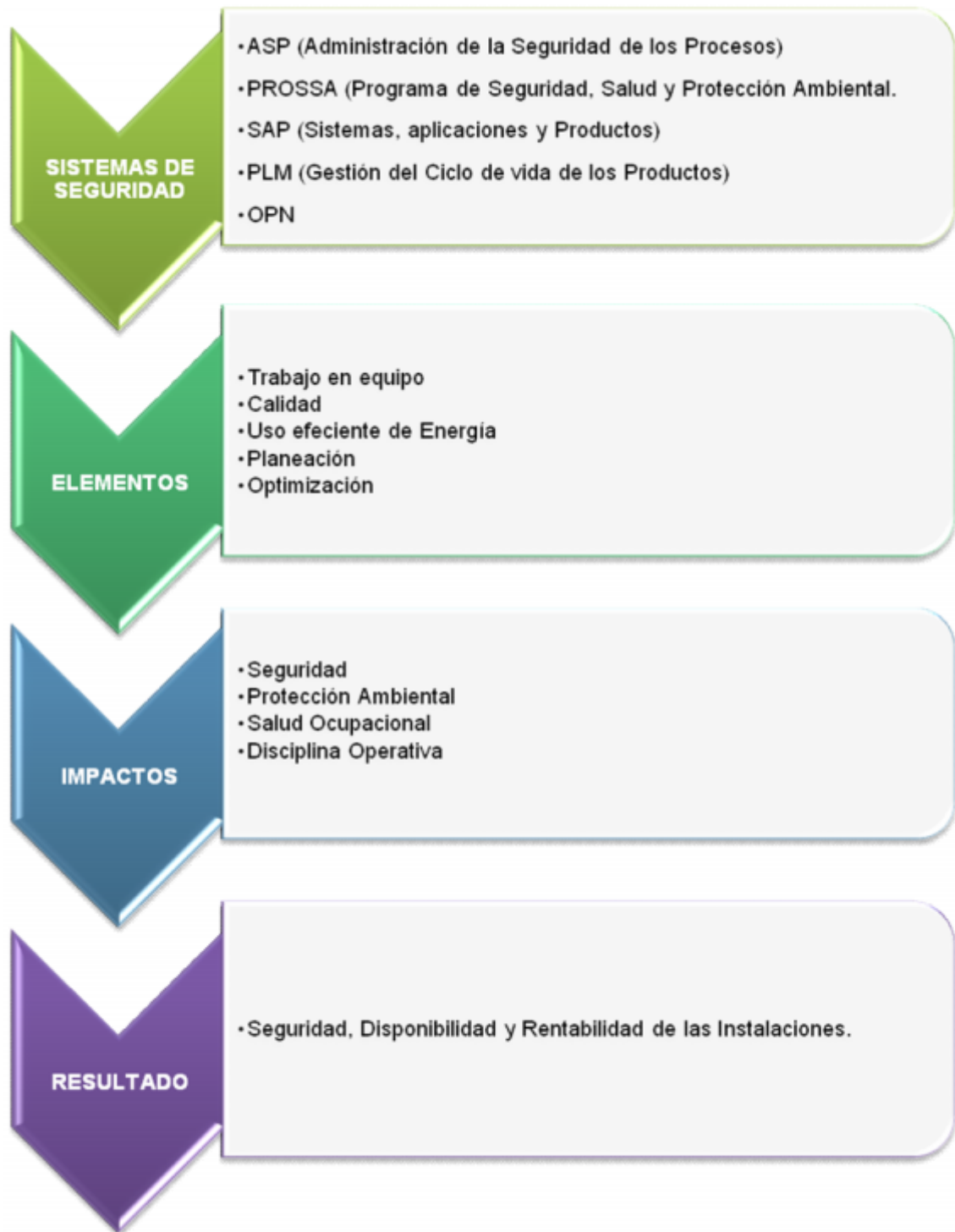
ANEXO 2. INTEGRIDAD MECÁNICA

DEFINICIÓN

Son todos los esfuerzos que se enfocan para asegurar que la integridad de los sistemas que contengan fluidos peligrosos, sea mantenida durante toda la vida de instalación. Es decir desde la fase de diseño, fabricación, instalación o construcción, operación y mantenimiento hasta su desmantelamiento para garantizar la protección personal, la comunidad, el medio ambiente y las instalaciones.

ELEMENTOS DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA





El proceso de Integridad Mecánica es un proceso multidisciplinario e incorpora roles de organizaciones dentro de la empresa como subdirecciones de producción por ejemplo.



MODELO DE INTEGRIDAD MECÁNICA



ELEMENTOS DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA

- **FUNDAMENTOS**

FUNDAMENTOS: Establece los requisitos generales para el control de la Integridad Mecánica

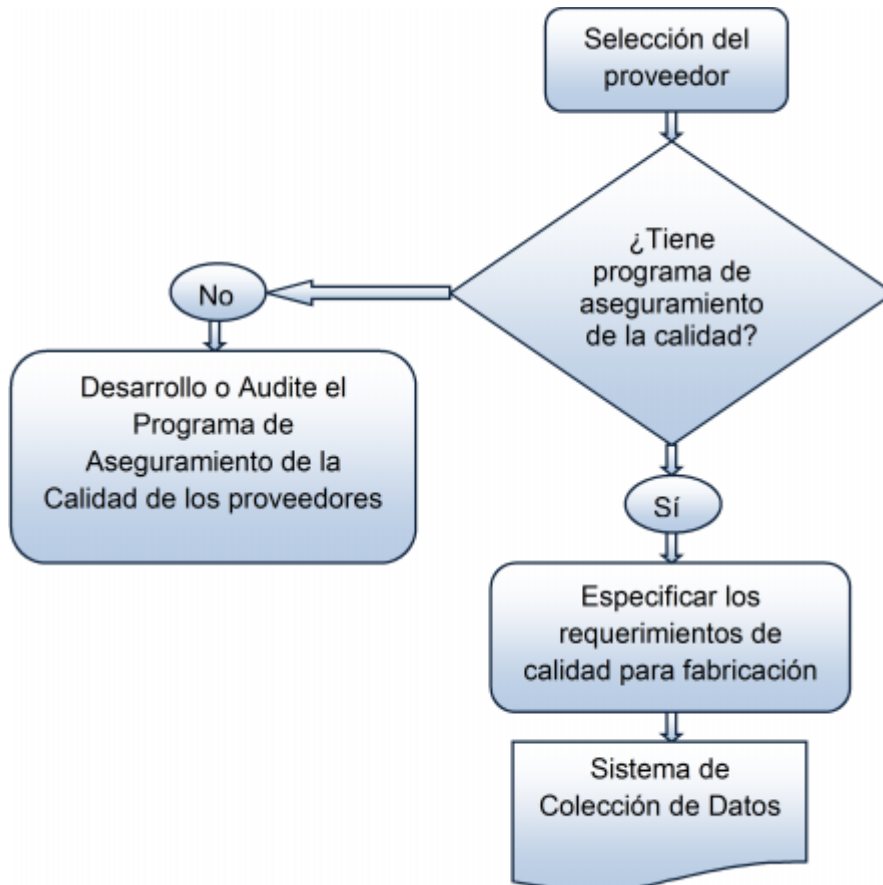
1. Defina, identifique y documente los equipos y partes críticas.

2. Establezca una organización de Integridad Mecánica y Aseguramiento de la Calidad

3. Revise los documentos de las bases de diseño.

- **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS NUEVOS PRODUCTOS**

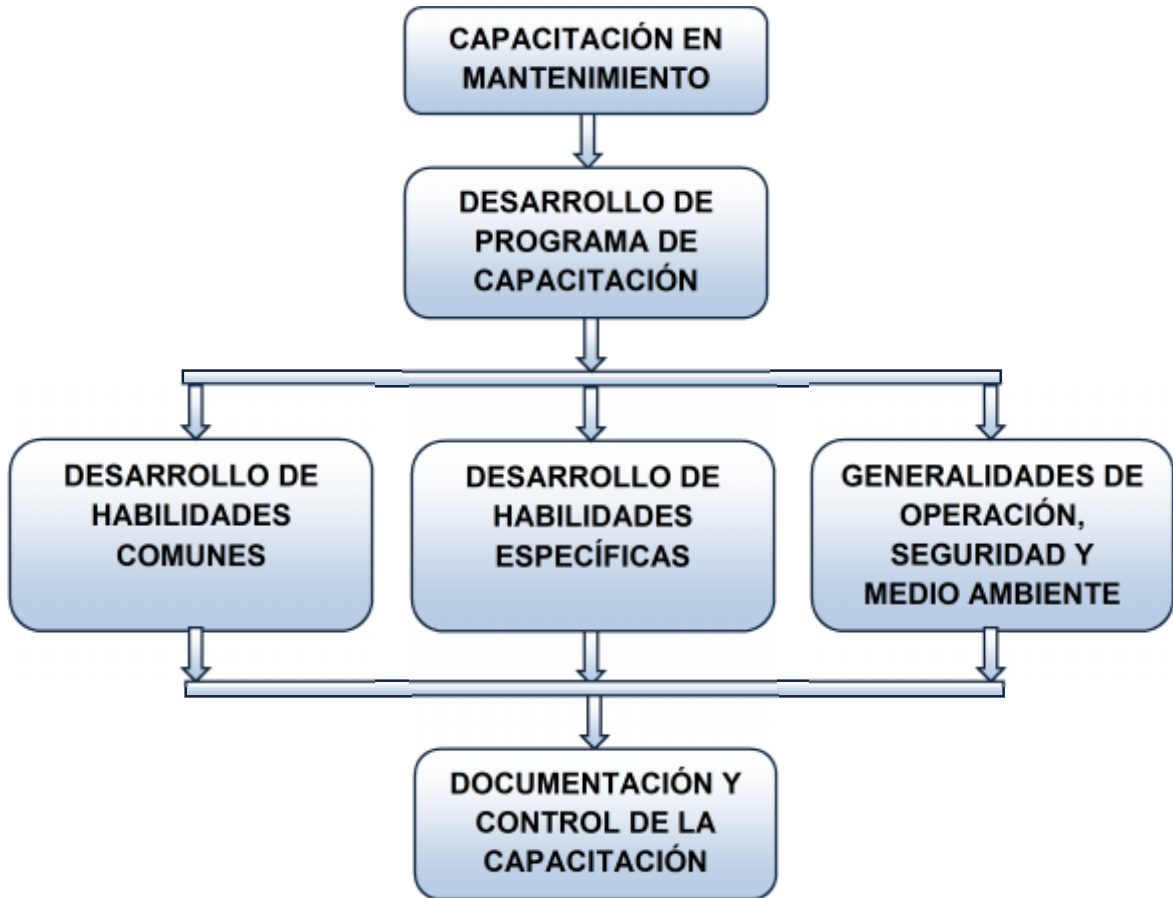
Se debe establecer los requisitos mínimos de control de calidad que deben cumplir los contratistas y proveedores.



- **PROCEDIMIENTOS EN MANTENIMIENTO**

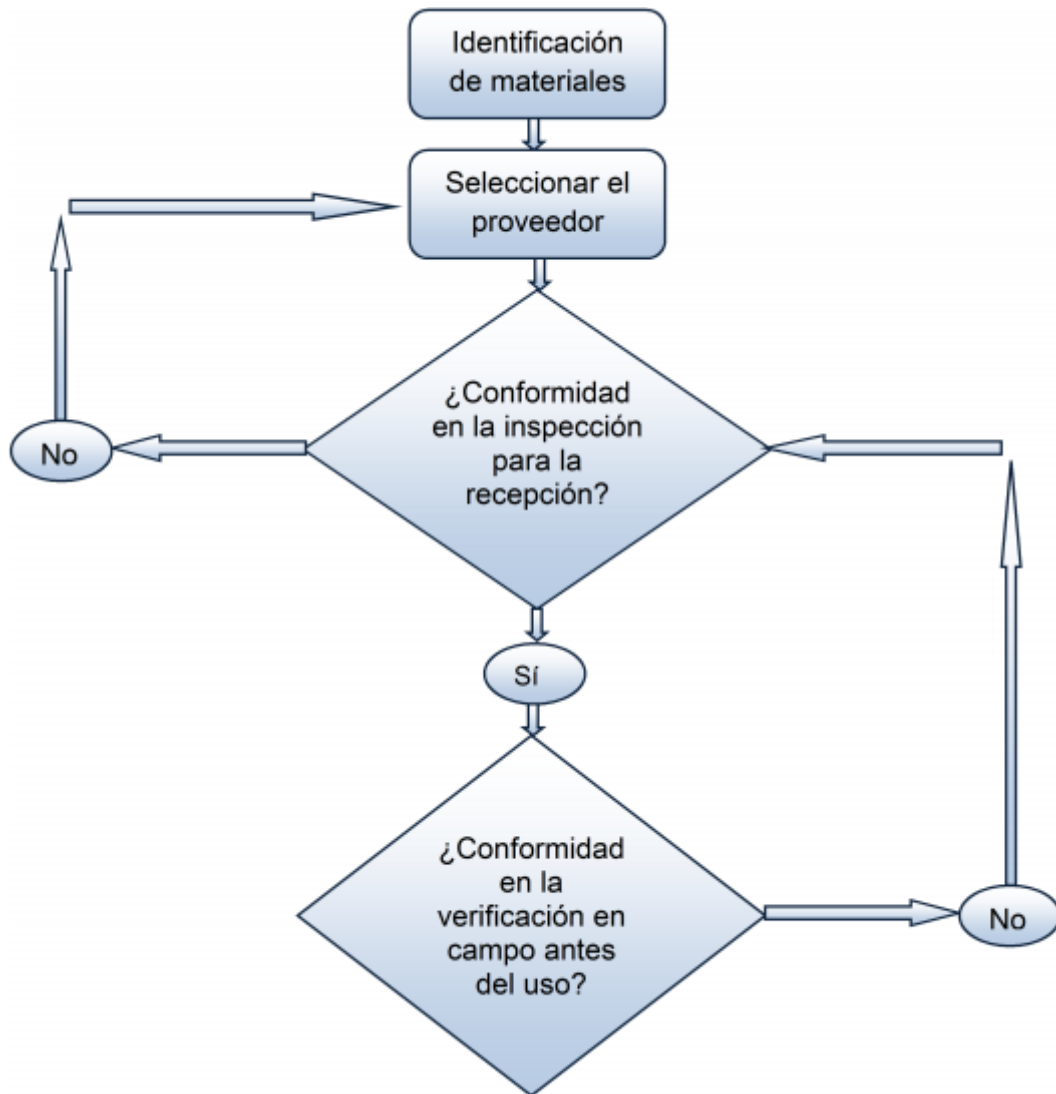
Establecer los procedimientos de mantenimiento para asegurar que el personal ejecute las tareas de forma segura y con alta calidad.

- **CAPACITACIÓN EN MANTENIMIENTOS DE EQUIPOS**



- **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE MATERIALES Y PARTES DE REPUESTO**

Ejecutar la aplicación de procedimientos que garanticen las especificaciones de diseño de los materiales y partes de repuesto.



- **INSPECCIONES Y PRUEBAS**

Establecer un programa interno de inspección y prueba para garantizar que los equipos y sistemas críticos estén operando en condiciones seguras y de calidad.



- **REPARACIONES Y MODIFICACIONES**

Son realizadas con el fin de asegurar que las fallas de los equipos son corregidas de manera oportuna, antes de ser usados.



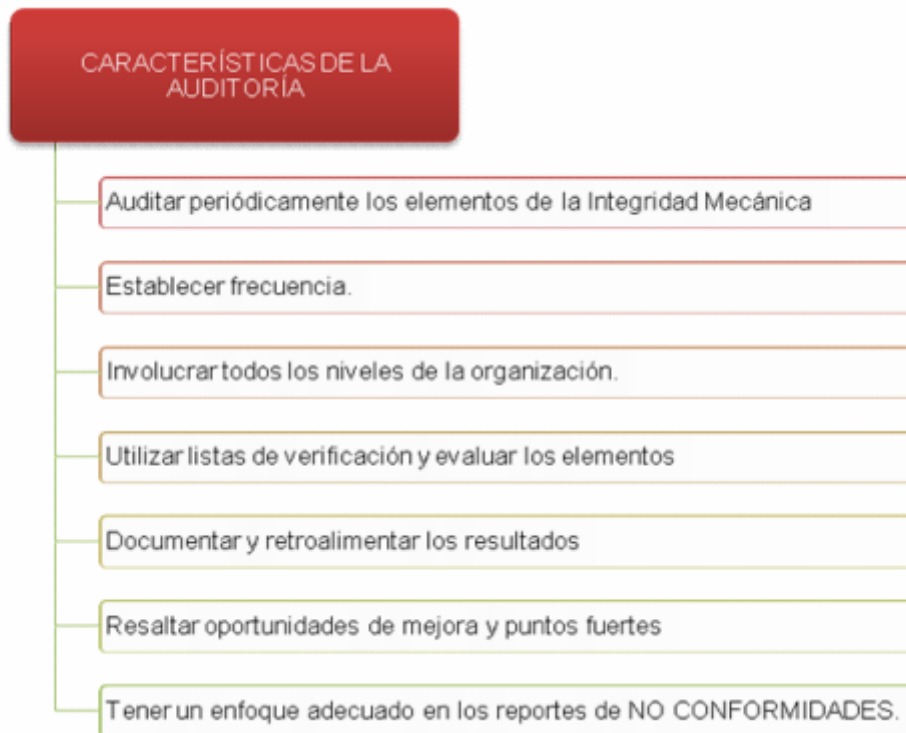
- **INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD**

Es el proceso de eliminación de los defectos existentes en los diferentes diseños, procedimientos y sistemas.



- **AUDITORÍAS**

Proporcionan la medición del cumplimiento de la Integridad Mecánica.



ANEXO 3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer las prioridades de procesos, sistemas y equipos, desarrollando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o sea necesario mejorar la confiabilidad operacional.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente.

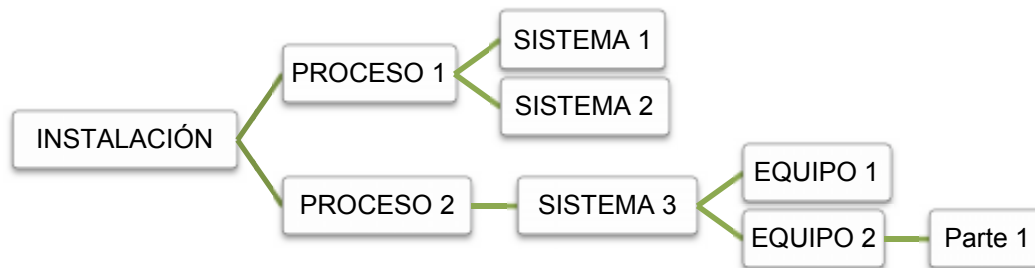
DEFINICIONES

- **CONFIABILIDAD.** Es la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo.
- **CONFIABILIDAD OPERACIONAL.** Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología, gente), para cumplir una función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.



- **EQUIPOS NATURALES DE TRABAJO.** Es el grupo de personas con diferentes funciones en la organización, que trabajan unidas por un tiempo determinado para analizar problemas y fallas de los diferentes departamentos, enfocados en un objetivo común.
- **JERARQUÍA DE ACTIVOS.** Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos establecidos. En el gráfico se muestra un ejemplo de esta jerarquía.

Gráfico. Ejemplo de jerarquía de activos.



- **Proceso.** Se define como una agrupación lógica de sistemas que funcionan unidos para suministrar un servicio.
- **Sistemas.** Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica.

MODELO DE CRITICIDAD

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$Criticidad = Frecuencia * Consecuencia$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y medio ambiente.

A continuación se presenta un modelo básico de análisis de criticidad.

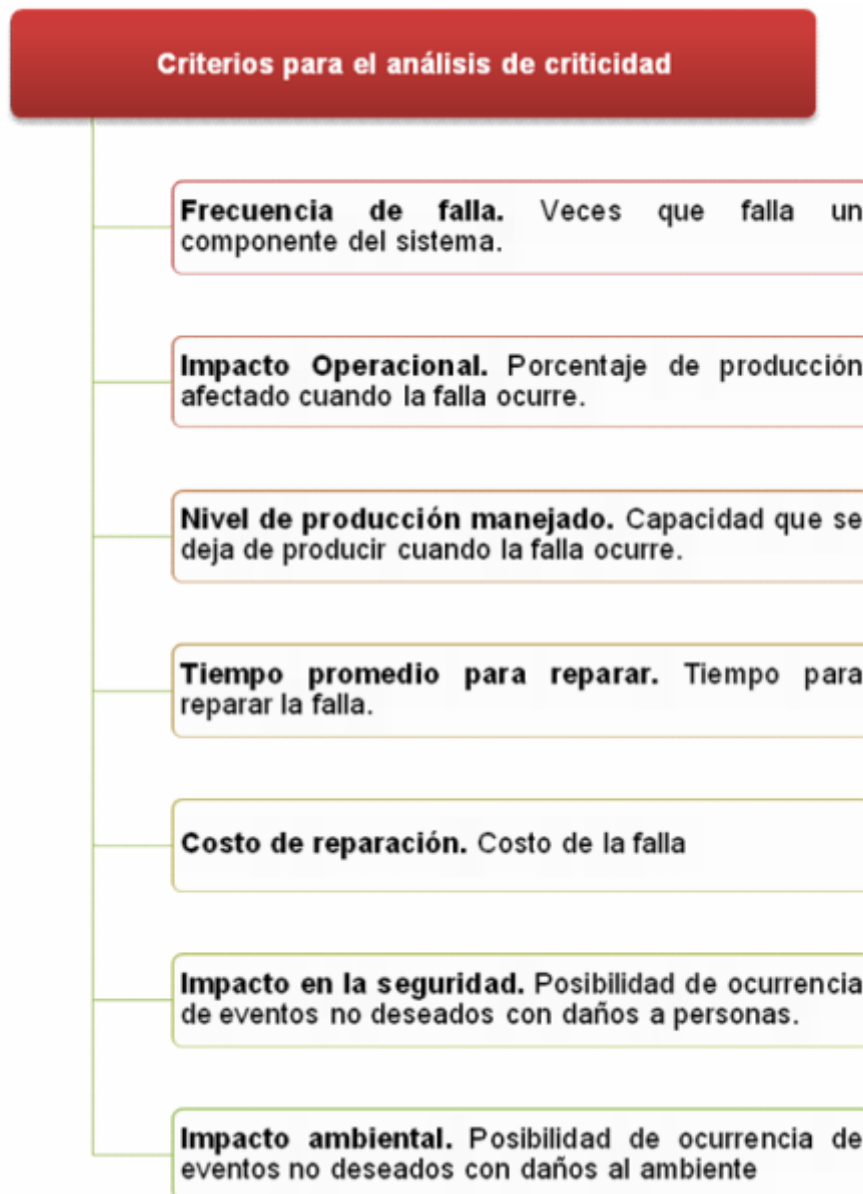


ÁMBITOS COMUNES DE APLICACIÓN

- **MANTENIMIENTO.** Establecer de una forma eficiente programas y planes de mantenimiento: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo y de posibles rediseños.
- **INSPECCIÓN.** Facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección. Indica el tipo de inspección, y cuando es oportuna en los sistemas de protección y control, así como los equipos dinámicos, estáticos y estructurales.
- **MATERIALES.** Facilita la toma de decisiones con el nivel de los materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo, que deben existir en el almacén, para lograr un costo óptimo de inventario.

- **DISPONIBILIDAD DE PLANTA.** Orienta la ejecución de proyectos, siendo base en los estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación.
- **PERSONAL.** Permite potenciar el desarrollo de las habilidades del personal, diseñando un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades de la empresa.

CRITERIOS DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD



PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD



Ing. Rosendo Huerta Mendoza

ANEXO 4. PELIGROS DEL GAS

Los peligros de la exposición al gas son generalmente clasificados como inflamables, tóxicos, o de la categoría especial de la deficiencia de oxígeno. Estos riesgos se encuentran normalmente en la planta en la fuente, en los vertederos, y en las incineradoras. En las tuberías de conducción y en la etapa de distribución, por escape.

1 Incendios

En las instalaciones industriales, el gas natural es un gas combustible de preocupación primaria. Pueden presentarse incendios debido a fugas en las tuberías, o mantenimiento deficiente. El Límite Inferior de Explosividad (LIE), es la concentración más baja a la cual el gas mantendrá la combustión. Por debajo de esta concentración, el gas no presentará combustión. Existe un Límite Superior de Explosividad (LSE), por el cual arriba de él la concentración de gas es demasiado rica para la combustión. (Ver Figura 1.)

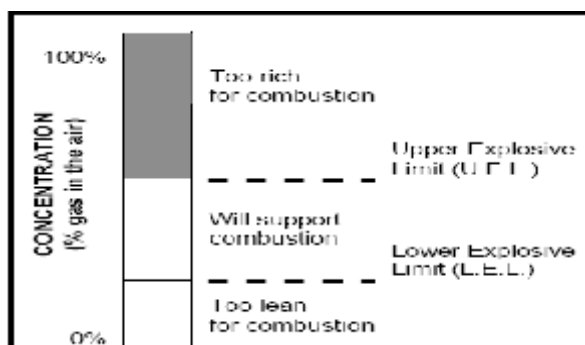


Figura 1. Límites Explosivos.

Fuente: Tomado de Gas Risk Management – A Safer Approach to Monitoring for Hazardous Gases. Sierra Monitor Corporation.

Es importante que la concentración de gas en una instalación se mantenga por debajo del LIE y que las medidas apropiadas se tomen para asegurar que el LIE no se alcance. Aunque la concentración de los gases de combustión varía mucho, el Límite Inferior de Explosividad se utiliza como referencia común en el establecimiento de los niveles de alarma de los sistemas de control de gas. Los niveles de alarma son determinados por la proximidad de la concentración del gas al Límite Inferior de Explosividad y no a una concentración absoluta arbitraria del gas.

2 Gases Tóxicos

Los gases tóxicos son a menudo peligrosos en concentraciones bajas, y se caracterizan, en términos del valor límite umbral (TLV). Los TLVs son los tiempos promedios ponderados máximos de 8 horas de concentración permitida de un contaminante en el aire. El tiempo promedio (TWA) se calcula como sigue:

$$TWA = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + C_3T_3 + \dots + C_nT_n}{8}$$

Donde:

C_i=concentración en el periodo donde i permanece constante

T_i = Periodo de duración en horas a la concentración de C_i

Para algunos gases, las excursiones se permite cuando la concentración de gas puede aumentar por encima del TLV para un período limitado de tiempo, es decir, la duración de excursión permitida. El límite máximo es la concentración máxima de un contaminante que se permite sin tener en cuenta la duración.

3 Deficiencia de oxígeno

Cuando se purga o se procesa con un gas inerte como el helio, argón o nitrógeno, puede resultar una fuga y una disminución de la concentración de oxígeno en un área ocupada por personal de planta. Como la concentración de oxígeno disminuye, puede dar como resultado la asfixia. La OSHA ha establecido 19,5 por ciento de oxígeno en el aire como un límite inferior de un ambiente seguro.

4 La contaminación de gas de proceso

Si los gases de proceso se están escapando de una tubería, entonces un poco de aire del lugar se filtra dentro de la tubería, incluso a través de los gases de proceso que se encuentra bajo presión. Esta entrada de aire, por supuesto, afecta a la pureza y, posiblemente, puede tener algún efecto perjudicial sobre el rendimiento.

5 Componentes de un Sistema de Gestión de Riesgos de gas

Un sistema de monitoreo de gases debe proporcionar la información necesaria para asegurar que se tomen de manera oportuna decisiones eficaces y completas. No es suficiente la activación de una alarma después de alcanzar un límite bajo. Para ser más eficientes en la gestión del riesgo de exposición al gas, se requiere información suficiente para obtener una evaluación precisa de la situación a fin de tomar buenas decisiones. La gestión de datos es un ingrediente clave de un sistema de gestión de riesgos del gas. Dentro de esta perspectiva, cada situación impone a los objetivos y limitaciones en el diseño del sistema de vigilancia del gas, el funcionamiento, la respuesta a las alarmas, mantenimiento y registro de las operaciones.

6 Evaluación de Riesgos. La valoración de los peligros es el primer paso en el diseño del sistema. Los estudios de campo pueden ayudar a determinar el qué, dónde, cuándo de situaciones de riesgo y la posible exposición. Las características de los riesgos en términos de su inflamabilidad, reactividad, corrosividad y toxicidad pueden ser determinadas. A su vez, el riesgo para la salud humana como se refleja en las normas establecidas por la RCRA, la OSHAS y la EPA puede ser estimado. En consecuencia, la NFPA y directrices de la empresa de seguros pueden ayudar a estimar el riesgo a las instalaciones. El impacto de los factores ambientales también puede ser evaluado. Esto no quiere decir que los riesgos de gas puede cuantificarse con exactitud, sin embargo, la información obtenida en una evaluación de riesgos constituye una base para abordar mejor los riesgos identificados del gas.

7 Sistema de especificación y diseño

La especificación y diseño de sistemas es un resultado clave del proceso de planificación de la gestión del riesgo. El diseño comienza con la selección del tipo de sensor y la ubicación. El rendimiento de los sensores deben ser evaluados en términos de velocidad de respuesta, rango de concentración, el flujo de la resolución, la facilidad de calibración, y los gases de interferencia. En general, el controlador, el cableado, energía de reserva y respuesta de alarma deberán cumplir los criterios de rendimiento debidamente establecidos en el plan.

8 Operación día a día

La operación día a día de un sistema de monitoreo de gas que se centra en los procedimientos de revisión de datos. Es importante utilizar los sistemas fijos, no sólo como un indicador de un evento de alarma, sino también para dar una pronta notificación de una fuga. La operación día a día también se centra en la fiabilidad del sistema. El auto control de las funciones de la unidad mejora la fiabilidad, proporcionando una indicación de operatividad en curso. El mantenimiento regular debería confirmar el diagnóstico interno.

Una sola persona para la calibración es una característica importante en la simplificación de la calibración y la reducción de los requerimientos de trabajo. Este proceso puede ser simplificado aún más si se hacen todos los ajustes automáticamente después de la aplicación de gas de calibración, que se puede

lograr con los controladores basados en microprocesadores. Donde hay un gran número de sensores, puede ser económico aplicar automáticamente el gas de calibración. Un método para comprobar el rango de tensión del sensor frente a la tolerancia aceptable debe ser bien a través del cálculo o como un informe del sistema.

9 Respuesta a las alarmas

La respuesta a las alarmas comienza con la planificación previa en la planta y fuera del perímetro de la planta. A continuación, la formación es esencial para asegurar que todo el personal de las instalaciones comprenda su función e interiorice sus responsabilidades. Parte de este entrenamiento incluye la identificación de las falsas alarmas.

La acción de parada generalmente implica una alarma baja (una luz de alerta y sirena y ventilación para reducir la concentración de gas) y una alarma alta (luz de emergencia, la sirena y una acción de proceso). La acción de proceso consiste en el apagado, o aislamiento de la fuente de gas y parada de equipos de proceso. Una alarma "alta-alta" se puede utilizar como un indicador de que la concentración es muy peligrosa. "La zona de voto", es donde dos o más sensores deben estar en la alarma antes de activar una parada de la zona, puede ser usado como una forma de neutralizar a un sensor defectuoso y tomar medidas específicas para la zona que existe el peligro de gas.

El último elemento de respuesta a las alarmas concierne a los procedimientos de evacuación, tanto en los planes en la vecindad local, como en la solicitud de asistencia externa, como la del departamento de bomberos. Los acontecimientos que desencadenan estas acciones se basan en la evaluación de riesgos. Recientes catástrofes y las catástrofes cercanas, demuestran de forma más que suficiente, la necesidad de este requisito.

10 Mantenimiento de registros

El mantenimiento de registros se convierte en un elemento importante de respuesta a las alarmas. Los informes sobre el estado de los sensores proporcionan una valiosa referencia para evaluar la gravedad y la amplitud del peligro de los gases. Se pueden generar análisis en tiempo real y post-evento. Los informes de calibración proporcionan datos para el monitoreo del rendimiento del sensor sobre el tiempo. Los informes de la historia del sensor son útiles para satisfacer los requisitos reglamentarios y proporcionar datos sobre la exposición al gas. La transferencia facilitada de información por el sistema para el personal de planta, permite la efectiva gestión de riesgos del gas.

ANEXO 5. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

El desarrollo del RCM (*Reliability Centered Maintenance*) está basado en siete preguntas básicas, las cuales se realizan para poder encaminar la actividad a la determinación de las causas de falla, en los sistemas y poder desarrollar actividades para prevenirlas.

Las preguntas están diseñadas para mantener la función para la cual fueron diseñados los equipos, teniendo en cuenta el costo beneficio de realizar las actividades y/o mitigación del riesgo.

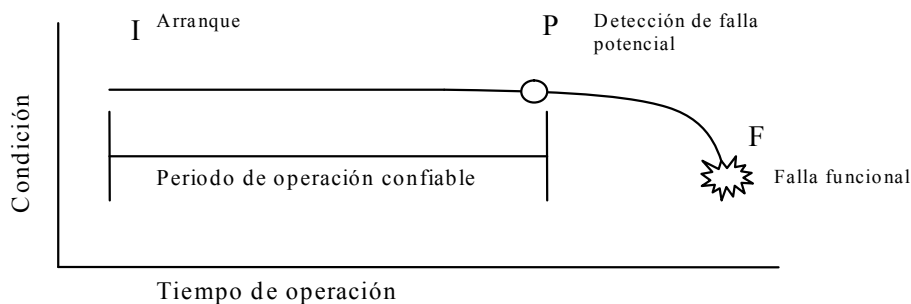
LAS 7 PREGUNTAS DEL RCM

1. ¿Cuál es la función del activo?

Función. Cada activo puede cumplir una función primaria, la cual define la razón por la cual se compró el activo y el rendimiento esperado que se busca mantener, o una función secundaria o de soporte. La pérdida de alguna de estas funciones crea disminución o pérdida de la función principal del sistema, riesgos en el ambiente, en la seguridad, o en las personas o en la operación.

2. ¿Dé que forma puede fallar el activo o limitar la función para que sea cumplida satisfactoriamente?

Modos de falla. Una falla es una condición que no es satisfactoria. Existen dos tipos de fallas, las fallas funcionales y las fallas potenciales. Las fallas potenciales son un estado identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir, como se muestra en el siguiente gráfico de la curva IPF.



3. ¿Qué casusa cada falla funcional?

La causa de la falla puede tener dos orígenes: la falla de un componente de un equipo o una falla humana como un montaje inadecuado o la mala operación del equipo.

4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla?

Para poder definir el efecto de la falla se describe el modo de falla del equipo se precisa cuales son los primeros síntomas que muestran que una falla está a punto de ocurrir, se analizan las evidencias y se definen los efectos secundarios.

5. ¿Cuáles son las consecuencias de cada falla?

Se define cómo y cuánto impacta la falla. Las consecuencias pueden ser ambientales, de seguridad de las personas, de operación o económicas. Para la evaluación de cada aspecto, se utiliza la matriz RAM (*Risk Assessment Matrix*)

6. ¿Qué podría hacerse para prevenir o predecir la falla?

Para evitar o mitigar una consecuencia adversa se analiza cuál o cuáles son las tareas de mantenimiento sistemáticas a realizar, para lo cual se identifica primero el desarrollo de la probabilidad de falla en función del tiempo de operación. Las tareas se dividen en dos grupos:

- **Tareas a condición.** Utiliza técnicas que se basan en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están en

proceso de ocurrir o que están por ocurrir. En este punto es posible actuar para evitar la falla.

Estas tareas son técnicamente factibles sí:

- Se puede definir una condición clara de falla potencial
- El intervalo P-F (Detección de la falla potencial y la Falla funcional) es consistente antes de transformarse en falla funcional.
- Es práctico monitorear el elemento a intervalos $<$ al intervalo P-F
- Si el intervalo P-F es práctico para ejecutar una acción de mantenimiento antes que la falla ocurra.

Las técnicas utilizadas en el mantenimiento predictivo se clasifican en:

- Efectos dinámicos
- Efectos de partícula
- Efectos químicos
- Efectos físicos
- Efectos de temperatura
- Efectos eléctricos

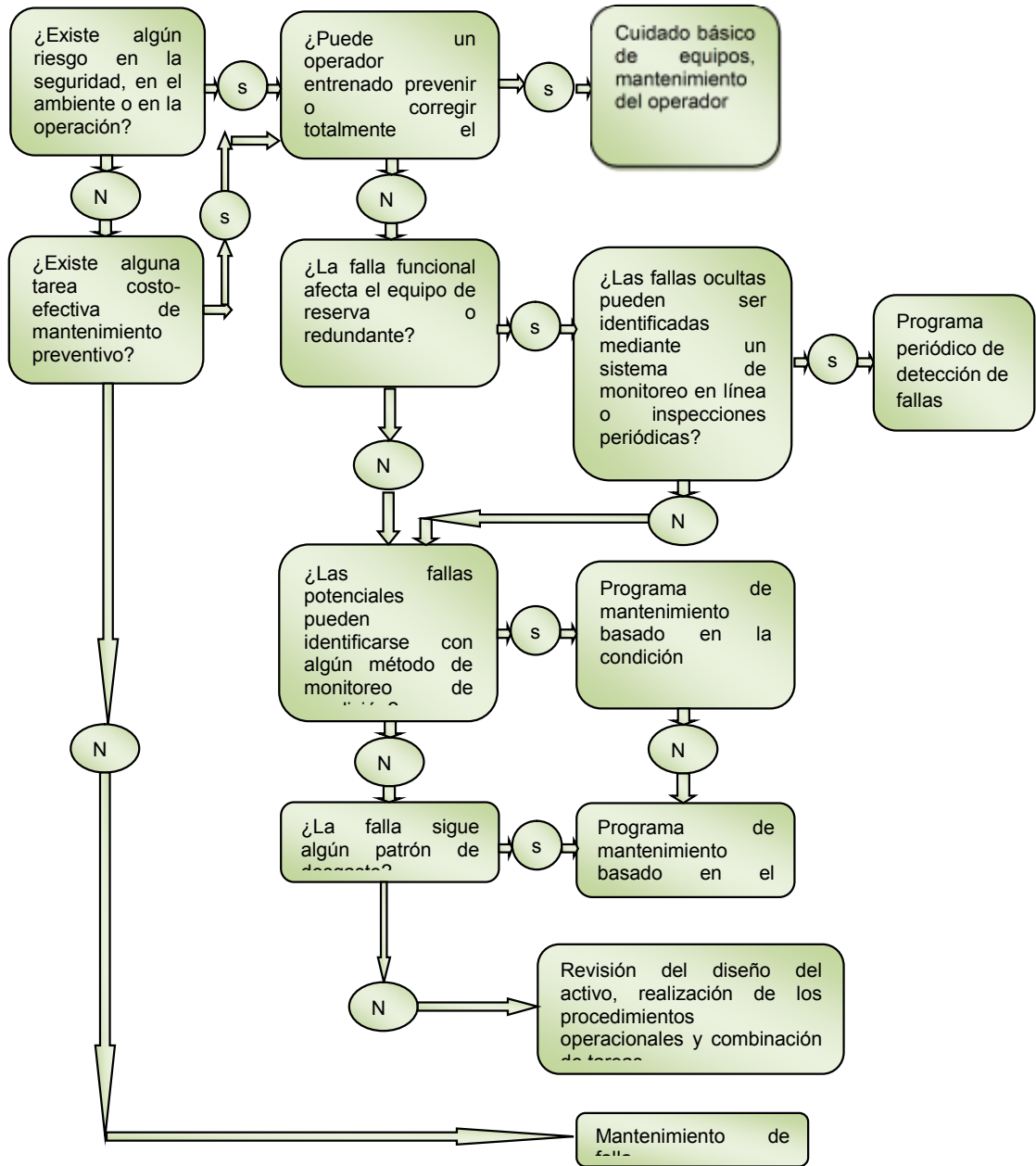
- **Tareas preventivas.** Son tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica. Las tareas de reacondicionamiento consisten en recuperar un elemento antes de llegar al límite de su vida. Las tareas de sustitución cíclica consiste en reemplazar un elemento o componente antes o en el límite de su vida útil, independiente de su condición en ese momento.

Son técnicamente factibles sí:

- Existe una edad identificable en la que el elemento muestra un incremento en la probabilidad de falla.
- La mayoría de los componentes alcanzan la edad determinada.
- Se vuelve a la condición inicial requerida por el sistema.

- Diagrama de decisión de tareas**

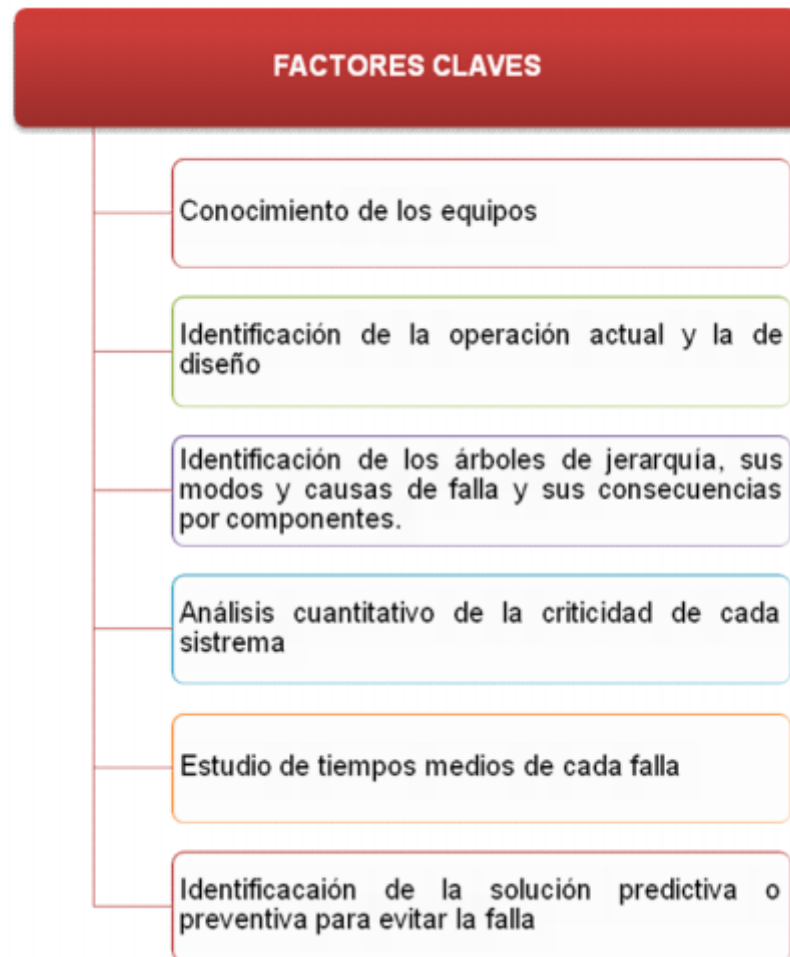
La primera pregunta del diagrama de decisión es determinar si las fallas son ocultas o evidentes, las fallas que muestran algún tipo de advertencia son fallas evidentes, mientras que las fallas ocultas se hacen presentes cuando otra ocurre, como se muestra a continuación:



7. ¿Qué se debe hacer si no se encuentra una tarea proactiva para evitar la falla?

En algunos casos, las tareas de mantenimiento no se pueden encontrar factibles. Uno de estos casos, sucede después de ejecutar la tarea, no se prevenga o mitigue el riesgo, por lo cual la probabilidad de falla sigue siendo alta. Otro caso, debido a la factibilidad económica, la relación costo beneficio no es favorable para la empresa.

FACTORES CLAVES



1. Conocimiento de los equipos

El principal factor para realizar la metodología es tener un equipo de trabajo que conozca los equipos que se están analizando.

2. Identificación de la operación actual y la de diseño

Se realiza una revisión de la operación de los sistemas en las condiciones actuales, con el fin de comparar las condiciones para las cuales fueron diseñados y/o seleccionados según data sheet y la curva de cada equipo.

3. Identificación de los árboles de jerarquía de los equipos, sus modos de fallas, causa de falla y consecuencia por componentes.

Se organizan los equipos por familias, por sistemas y por componentes. Se debe considerar que la organización debe garantizar el cumplimiento de las siguientes premisas antes de implementar una nueva estrategia de mantenimiento:

- Los equipos auxiliares están disponibles y probados.
- Los repuestos esenciales para el mantenimiento deben estar disponibles en bodega.
- En el taller de RCM no se analizan fallas múltiples.
- No se analizan las fallas en la ejecución de procedimientos de mantenimiento, montaje y operación.
- La inadecuada especificación o selección de equipos no son tenidas en cuenta en el análisis de RCM.
- Se planea y programa oportunamente: el cálculo económico de las pérdidas por falla de un equipo es estimado teniendo en cuenta sólo el tiempo empleado para su reparación o cambio. Por lo tanto, las demoras en la

planeación y programación de las tareas no están incluidas, pero si aumentarían la consecuencia económica de la falla.

- RCM no analiza problemas de integridad mecánica (RBI) ni fallas de protecciones (IPF).
 - El escenario crítico para cada modo de falla es con base en “cero” mantenimiento.
 - Se busca aumentar confiabilidad y la disminución de costos de mantenimiento.

4. Análisis cuantitativo de la criticidad de cada sistema.

Identificar los equipos más importantes para el proceso y realizar jerarquización de acuerdo a características como: impacto en la operación, en HSE, mantenibilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento.

El estudio de criticidad permite establecer oportunidades sobre las cuales la planta requiere de atención inmediata, sirve para crear planes de mantenimiento y compra de repuestos e identificar cuáles de los sistemas requiere un seguimiento y control más estricto.

5. Estudio de los Tiempos medios entre fallas.

Para la revisión de los tiempos medios entre fallas se toman en cuenta intervenciones tanto de mantenimiento predictivo que identifican fallas potenciales incipientes como las intervenciones de mantenimiento correctivo para fallas funcionales.