

**Caracterización de los modelos de administración de la seguridad de procesos. Sector petroquímico de Cartagena Caso (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena).**

Tesis Presentada Para Obtener El Título De  
Magíster en Administración de Empresas  
Universidad Tecnológica De Bolívar, Cartagena

José Leandro Lacayo Mendoza & Jahir Ortiz Jaimes  
Director Doctor Juan Carlos Robledo  
Septiembre 2015.

Copyright © 2015 por José Leandro Lacayo Mendoza & Jahir Ortiz Jaimes. Todos los derechos reservados.

## Tabla de contenido

1 Problema de investigación.....	9
1.1 Introducción al objeto de la investigación.....	9
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Problema.....	13
1.3.1 Identificación del problema.....	13
1.3.2 Formulación del problema. ....	13
1.4 Objetivos de la investigación.....	14
1.4.1 Objetivo general. ....	14
1.4.2 Objetivos específicos.....	14
1.5 Justificación del objeto de estudio.....	14
2 Marco teórico y revisión bibliográfica .....	15
2.1 Concepto de proceso.....	15
2.2 Tipo de procesos.....	15
2.3 Gestión por proceso .....	16
2.4 Ciclo de Deming.....	16
2.5 Procesos químicos .....	17
2.6 Generalidades .....	19
2.7 Causas raíz de Accidentes en Instalaciones De Proceso .....	24
2.8 Riesgo .....	24
2.9 Regulaciones de seguridad de procesos.....	26
2.9.1 Regulaciones en Europa.....	26
2.9.2 Regulaciones en Norte América.....	27
2.9.3 Desarrollo de las Normativas y Regulaciones en Latino América.....	30
2.9.4 Agencia de Protección Ambiental (EPA), Gestión de Riesgos.....	35
2.9.5 Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos según ISRS-DNV.....	36
2.10 Modelos de Administración de Seguridad de Procesos.....	38
2.10.1 Gestión de Riesgos Asociados con la ubicación de las plantas de proceso (RP 752).	39
2.10.2 Gestión de Seguridad de los procesos según AIChE' .....	40

2.11	Industria Petroquímica en Cartagena .....	42
2.11.1	La Refinería de Cartagena. ....	44
2.11.2	Cabot Colombiana. ....	45
3	Diseño metodológico .....	48
3.1	Tipo de investigación.....	48
3.2	Administración de Seguridad de Procesos (PSM) y sus Elementos.....	48
4	Análisis y resultados .....	51
4.1	Administración de Seguridad de Procesos (PSM) Vs Administración de la Seguridad Industrial (HSE) .....	51
4.2	Análisis comparativo entre estándares .....	57
4.2.1	Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS). ....	57
4.2.1	Gestión de Peligros de los Proceso (RP 750). ....	61
4.2.2	Gestión de Seguridad de los procesos según CSChE' .....	61
4.2.3	Análisis de Resultados. ....	64
4.3	Análisis comparativo entre normativas .....	71
4.3.1	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), Administración de procesos de productos químicos altamente peligrosos y Sustancias Explosivas Regulación - 29 CFR 191 0.119.....	71
4.3.2	Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos según SEVESO.....	76
4.3.1	Análisis de Resultados. ....	79
4.4	Análisis comparativo entre estándar CCPS, normativas OSHA y el sector industrial de Cartagena.....	89
4.4.1	Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos en CABOT COLOMBIANA. ....	89
4.4.2	Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos en ECOPETROL.....	92
4.4.3	Análisis de Resultados. ....	96
5	Conclusiones.....	106
6	Bibliografía .....	113
7	Anexos 1 (Casos Históricos) .....	116
7.1	Flixborough .....	116
7.2	Seveso, Italia, 1976.....	118

7.3	San Juan de Ixhuatepec, México DF, México, 1984 .....	120
7.4	Accidente De Bhopal, India, 1984.....	122
7.5	Cubatao, Brasil, 1984 .....	124
7.6	Guadalajara, México, 1992.....	125
7.7	Toulouse, Francia, 2001 .....	126
7.8	Puertollano, España, 2003 .....	128
7.9	Buncefield, Reino Unido, 2005 .....	129

## Ilustraciones y Tablas.

Tabla 1.2-1; Principales accidentes de seguridad de Proceso a nivel Mundial.....	12
Ilustración 2.4-1; Ciclo de Deming.....	17
Ilustración 2.5-1; Capas de protección procesos industriales. ....	18
Ilustración 2.6-1; Pérdidas a nivel mundial en la industria petroquímica de 1974 a 2013. En US\$M llevados a valores de 2013. (MARSH, 2014).....	20
Ilustración 2.9-1, Proceso general de Gestión de Riesgos NTC 5254. ....	33
Ilustración 2.9-2, Costos de la medida de reducción de Riesgos NTC 5254. ....	34
Ilustración 2.9-3, Rio Cuyahoga antes y después de las regulaciones ambientales. ....	35
Ilustración 2.9-4. Medición ISRS en una Empresa Petrolera.....	37
Ilustración 2.9-5. Modelo Gestión de PSM ISRS. ....	38
Ilustración 2.11-1, Producción en Cartagena. ....	42
Ilustración 2.11-2, Zona Industrial de Mamonal.....	43
Ilustración 2.11-3, Área de expansión nueva Refinería de Cartagena .....	45
Tabla 3.2-1 Mapa de análisis comparativo a desarrollar en la investigación.....	50
Ilustración 4-1, Diagrama Consecuencia VS Probabilidad en PSM y HSE. ....	53
Ilustración 4-2, Pirámide de Accidentalidad de Bird. ....	54
Ilustración 4-3, Pirámide de Accidentalidad de Heinrich. ....	54
Ilustración 4-4, Diagrama Consecuencia VS Probabilidad en PSM y HSE. ....	55
Ilustración 4-5, Esquema de los cuatro pilares y 20 elementos según la CCPS en su modelo RBPS.....	58
Ilustración 4-6, Logo de las 04 divisiones de la CIC. ....	62

Tabla 4.2-3 Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos.....	64
Ilustración 4-7, Modelo PSM de OSHA. ....	71
Tabla 4.3-2 Cuadro de análisis comparativo entre regulaciones. Pilares Compromiso con ASP y Entendimiento de los peligros y riesgos. ....	79
Ilustración 4-8; Paradigma de gerenciamiento de riesgos.....	81
Tabla 4.3-4 Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos. Pilar Gerenciamiento del riesgo. ....	82
Tabla 4.3-5 Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos. Pilar lecciones aprendidas. ....	86
Ilustración 4-9, Estrategia PSM en Cabot Colombiana. ....	90
Ilustración 4-10, Modelo de Gestión HSE de ECOPETROL S,A. ....	94
Tabla 4.4-3 Análisis comparativo entre estándares ASP y modelos del sector industrial en Cartagena. ....	96
Ilustración 4-11; Pilares CCPS y Ecopetrol. ....	97
Ilustración 4-12; Proceso de gestión de riesgos. ....	100
Ilustración 4-13; Ejemplo de matriz RAM Ecopetrol. ....	101
Ilustración 4-14; Modelo de Integridad Mecánica y aseguramiento de Calidad de Ecopetrol S.A. ....	102
Ilustración 4-15; Modelo de Integridad Mecánica y aseguramiento de Calidad de Ecopetrol S.A. ....	103
Ilustración 4-15; Proceso de manejo del cambio. ....	104
Ilustración 5-1; Línea de mando y factores claves en la implementación de los modelos ASP. ....	106

Ilustración 5-2; Ventanas operativas y de integridad. ....	109
Ilustración 5-3; Relación modelo ASP con Modelos complementarios. ....	110
Ilustración 5-4; Evolución de la cultura de Seguridad de Procesos (Curva Bradley).....	111
Ilustración 5-5; Elementos Críticos de Seguridad de Procesos.....	112
Ilustración 7-1; Destrucción de planta en Flixborough.....	116
Ilustración 7-2; Esquema de operación de los reactores. ....	117
Ilustración 7-3, Esquema de operación de la planta Icmesa en Seveso. ....	119
Ilustración 7-4, Zonas afectada por accidente en PEMEX.....	120
Ilustración 7-5, Imágenes del accidente en PEMEX en San Juan de Ixhuatepec. ....	121
Ilustración 7-6, Imágenes del desastre en India. Muchos autores lo consideran el peor desastre de toda la industria química. ....	122
Ilustración 7-7, Esquema de operación de la planta Union Carbide India Ltd de Bhopal. ....	123
Ilustración 7-8, Zonas de impacto por accidente en Bhopal. ....	123
Ilustración 7-9, Imágenes del desastre en Brasil.....	125
Ilustración 7-10, Imágenes del desastre en Jalisco.....	126
Ilustración 7-11, Imágenes del desastre en Tolouse.....	127
Ilustración 7-12, Imágenes del desastre en REPSOL.....	128
Ilustración 7-13, Imágenes del desastre en Buncefield.....	130

## **1 Problema de investigación**

### **1.1 Introducción al objeto de la investigación**

Los accidentes industriales por lo general involucran pérdidas de vidas humanas, contaminación ambiental e inevitablemente grandes pérdidas económicas e incluso en ciertos casos, ponen en riesgo la continuidad de negocio.

Teniendo en cuenta el alto riesgo de los procesos productivos que maneja en la industria petroquímica y agroquímica, se hace necesaria la implementación de un sistema de gerenciamiento para lograr que cualquier instalación industrial tenga una operación segura mínimamente aceptable, lo que se conoce como sistema de gerenciamiento de seguridad de proceso o ASP<sup>1</sup>.

La presente tesis pretende contribuir a un mayor conocimiento de la administración de la seguridad de los procesos (ASP), entendiéndola como un sistema de gerenciamiento integral para administrar los riesgos de incendio, explosión, exposición química y liberación súbita de energía; y prevenir así incidentes catastróficos que pueden impactar a los empleados, contratistas, la comunidad, el Medio Ambiente y a los clientes y demás partes interesadas.

El objeto fundamental de la investigación es entender como Administración de Seguridad de Procesos optimiza el desempeño operacional administrando el riesgo, mitigando y controlando la pérdida de contención de productos peligrosos o energía, estableciendo medidas y acciones necesarias de protección y control, para reducir la posible afectación a personas, infraestructura y medio ambiente. El resultado es la disminución de accidentalidad operacional, ocupacional y ambiental.

En términos generales, la Administración de la Seguridad de los Procesos la pudiéramos definir como la aplicación de sistemas y controles administrativos (procedimientos, programas y auditorías) a un proceso productivo para identificar, comprender, mitigar y/o controlar los peligros y así lograr prevenir incidentes y accidentes relacionados con el proceso. Para esto el foco está puesto en 3 áreas claves: Tecnología, Instalaciones y Personal.

---

<sup>1</sup> Abreviatura del termino Administración de Seguridad de los Procesos.

Los accidentes relacionados con seguridad de procesos aunque son de baja probabilidad pero de muy alta consecuencia y que en su gran mayoría resultan de errores atribuibles a rupturas en el control administrativo, como pueden ser: entendimiento inadecuado de la tecnología del proceso, procedimientos de operación o de emergencia erróneos, modificaciones a equipos no autorizadas, falta de gerenciamiento del mantenimiento, falencias en el conocimiento del trabajo y/o capacitación inadecuados y fallas en la supervisión. Los modelos ASP (PSM)<sup>2</sup> se enfocan en proporcionar suficientes controles y/o redundancias para evitar las condiciones que puedan conducir a accidentes de proceso.

Un hito importante en la historia de la gestión de la seguridad se produjo en 1970 con la aprobación de la Ley de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA<sup>3</sup>) por el Congreso de Estados Unidos. De esa época a nuestros días, se han realizado muchos cambios relacionados con el gerenciamiento de la seguridad. La Administración de la Seguridad de los Procesos puede simplemente ser entendido como un avance de la seguridad.

Al igual que en cualquier otra área de la ingeniería, el costo es también un factor importante en la Seguridad de Procesos. De hecho, fue debido a los altos costos de los sistemas de protección y salvaguarda que el factor de seguridad se pasó por alto durante los primeros años de la Revolución Industrial. Por ejemplo, alguna vez un alto ejecutivo de un ferrocarril comentó: "Costaría menos enterrar a una persona que muriera en un accidente que poner frenos de aire en un coche" (Hammer, 2001).

La aplicación práctica de esta investigación se realizará basada en las propuestas internacionales que han tratado de estandarizar este tipo de gerenciamiento del riesgo; además del conocimiento obtenido en la práctica de este modelo especializado de administración en

---

<sup>2</sup> Abreviatura del termino Administración de seguridad de procesos en el idioma ingles Process Safety Management.

<sup>3</sup> Acrónimo en inglés de La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration). La Salud en el Trabajo y Administración de Seguridad Ocupacional (OSHA) es una agencia federal que opera bajo el Departamento de Trabajo de EE.UU. La misión de OSHA es asegurar que las empresas ofrezcan entornos de trabajos seguros y saludables para todos sus empleados.

empresas del sector petroquímico de la ciudad de Cartagena como lo son Ecopetrol<sup>4</sup> y Cabot Colombiana<sup>5</sup>.

## 1.2 Antecedentes

La industria petroquímica es aquella encargada de ejecutar procesos en donde se utiliza el hidrocarburo, petróleo y/o gas, como materia prima y obtener productos de mayor valor como combustibles, detergentes, plásticos, fibras sintéticas, cauchos sintéticos y abonos nitrogenados que sirvan a su vez como materias primas para otras industrias.

Estos procesos industriales son complejos e introducen mayores riesgos en los procesos por la incorporación a la industria de sustancias tóxicas, combustibles o inflamables; así como el uso de fuentes de energías de alto peligro ya sea por las condiciones de operación (altas presiones y temperaturas) y/o por la naturaleza de la misma (radioactivas).

En los procesos químicos donde la temperatura y la presión modifican estructuralmente la molécula para crear nuevos productos a partir de materia prima química, existirá la probabilidad de ocurrencia incendio, explosión o pérdida de contención de fluidos peligrosos. El control de estos acontecimientos no deseados requiere la aplicación de la Administración de seguridad de procesos. Se utilizan los términos seguridad de procesos y Administración de seguridad de procesos para referirse a la protección de los trabajadores, los vecinos, las instalaciones y el medio ambiente contra las consecuencias de incidentes indeseables graves en los que intervienen líquidos inflamables y materiales muy peligrosos. Según la Chemical Manufacturers' Association de Estados Unidos, "la seguridad de los procesos es el control de los riesgos causados por errores en la operación o en el funcionamiento de los procesos aplicados para transformar materias primas en productos terminados, que puede provocar la emisión imprevista de materiales peligrosos" (CMA, 1985).

---

<sup>4</sup> Antiguamente Empresa Colombiana de Petróleos S.A., es la primera compañía de petróleo de Colombia.

<sup>5</sup> Es la empresa líder mundial en agentes de refuerzo para neumáticos de alto rendimiento y productos industriales especializados de caucho. El negro de humo es el agente de refuerzo predominante que se usa para mejorar el procesamiento, la resistencia y la durabilidad de los compuestos basados en elastómeros en la mayoría de las aplicaciones de caucho.

En la gestión de los riesgos se debe considerar el diseño, la información del proceso, el gerenciamiento del cambio, los procedimientos operativos y las buenas prácticas de operación y de mantenimiento, el entrenamiento, la preparación y respuesta a emergencias entre otros, a fin de determinar si tienen o no el potencial de provocar un accidente catastrófico.

Desde la década de los 80's han ocurrido accidentes catastróficos en las industrias petroquímicas, agroquímicas y de refinación, en los que intervinieron materiales muy peligrosos, que causaron un gran número de víctimas mortales y heridos, así como cuantiosas pérdidas materiales.

**Tabla 1.2-1;** Principales accidentes de seguridad de Proceso a nivel Mundial.

DATE	PLANT TYPE	EVENT TYPE	LOCATION	COUNTRY	PROPERTY LOSS us \$ (million)
07/07/1988	Upstream	Explosion/fire	Piper Alpha,	UK	1810
10/23/1989	Petrochemical	Vapor cloud explosion	Pasadena, Texas	USA	1400
01/19/2004	Gas processing	Explosion/fire	Skikda	Algeria	940
06/04/2009	Upstream	Collision	Norwegian Sector	North Sea	840
03/19/1989	Upstream	Explosion/fire	Gulf of Mexico	USA	830
06/25/2000	Refinery	Explosion/fire	Mina Al Ahmadi	Kuwait	820
05/15/2001	Upstream	Explosion/fire/sinking	Campos Basin	Brazil	790
09/25/1998	Gas processing	Explosion	Longford, Victoria	Australia	750
04/24/1988	Upstream	Blowout	Enchova, Campos Basin	Brazil	700
09/21/2001	Petrochemical	Explosion	Toulouse	France	680
05/04/1988	Petrochemical	Explosion	Henderson, Nevada	USA	640
05/05/1988	Refinery	Vapor cloud explosion	Norco, Louisiana	USA	610
03/11/2011	Refinery	Earthquake	Sendai	Japan	600
04/21/2010	Upstream	Blowout/explosion/fire	Gulf of Mexico	USA	600
09/12/2008	Refinery	Hurricane	Texas	USA	550
06/13/2013	Petrochemical	Explosion/fire	Geismar, Louisiana	USA	510
04/02/2013	Refinery	flooding/fire	la Plata, Ensenada	Argentina	500
12/25/1997	Gas processing	Explosion/fire	Bintulu, Sarawak	Malaysia	490
07/27/2005	Upstream	collision/fire	Mumbai High North Field	India	480
11/14/1987	Petrochemical	Vapor cloud explosion	Pampa, Texas	USA	480

Fuente: The 100 largest Losses 1974-2013 Dr. Sam Mannan. Pág 5

Los accidentes sirvieron como punto de partida a diferentes organizaciones tanto privadas como públicas a emitir documentación encaminada a mitigar la ocurrencia de eventos no deseados, lo que fue el inicio de gestión de seguridad de procesos.

Debido a la preocupación global sobre los potenciales peligros asociados a la industria de químicos, los países desarrollados comenzaron a legislar sobre el tema de seguridad exigiendo a las instalaciones que manejaban sustancias peligrosas modelos administrativos que incluyeran la gestión del riesgo.

### **1.3 Problema**

#### **1.3.1 Identificación del problema.**

Cada año en la industria ocurren accidentes graves, en algunos casos catastróficos, que provocan grandes pérdidas industriales las cuales:

- Elevan en gran medida los costos.
- Impactan a las organizaciones y a los individuos.
- Tienen un costo, tanto en vidas humanas, como en miles de millones de dólares y un gran impacto ambiental

La ciudad de Cartagena cuenta con un sector industrial con diversas empresas en el sector petroquímico, agroquímico y de refinación de petróleo que maneja sustancias peligrosas, que ante una falla de control administrativo pudiese generar accidentes catastróficos que generarían cientos de vidas, irremediable contaminación ambiental y pérdida definitiva del negocio. Ante la aparente ausencia de legislación en el país y falta de conocimiento en los temas de seguridad de proceso, se hace necesario integrar un modelo de gestión de riesgo a los modelos tradicionales de administración de empresas en la industria química.

#### **1.3.2 Formulación del problema.**

¿Cuáles son los elementos críticos de comparación de modelos internacionales de administración de seguridad de procesos?

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general.**

- ✓ Caracterizar los modelos de administración de seguridad de proceso. Caso del sector petroquímico de Cartagena (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena).

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Describir los modelos ASP de estándares y regulación a nivel mundial.
- ✓ Describir las estructuras teóricas de los modelos ASP de dos empresas del sector petroquímico de la zona industrial de Cartagena. Caso Cabot y Ecopetrol.
- ✓ Comparar los modelos de gestión ASP internacionales con los de la industria petroquímica en Cartagena (Tomando como referencia las empresas antes mencionada).

## **1.5 Justificación del objeto de estudio**

Dada la complejidad de procesos productivos que se acometen diariamente en esta industria petroquímica, y la proyección de crecimiento y fortalecimiento que se tiene prevista para este sector de la ciudad de Cartagena; esta trabajo de investigación es importante ya que se establecen las diferentes características de los modelos internacionales y las de las empresas referentes del sector petroquímico en Cartagena; con fin de adoptar nuevas medidas con modelos tradicionales de administración de empresas que incluyan un modelo de gestión de riesgo basado en los elementos de seguridad de proceso.

## **2 Marco teórico y revisión bibliográfica**

### **2.1 Concepto de proceso**

Para Project Management Institute<sup>6</sup> define un proceso como un conjunto de acciones y actividades interrelacionadas realizadas para obtener un producto, resultado o servicio predefinido. Cada proceso se caracteriza por sus entradas, herramientas y técnicas que pueden aplicarse y por las salidas que se obtienen.

Por otra parte, también es considerado como el conjunto de acciones o pasos que se dan con el fin de que determinados insumos interactúen entre sí, para obtener de esta interacción un determinado resultado<sup>7</sup>.

Proceso es una totalidad que cumple un objetivo completo y que agrega valor para el cliente. Esta unidad es un sistema de creación de riqueza que inicia y termina transacciones con los clientes en un determinado período de tiempo.

Proceso es una totalidad que cumple un objetivo completo y que agrega valor para el cliente. Esta unidad es un sistema de creación de riqueza que inicia y termina transacciones con los clientes en un determinado período de tiempo<sup>8</sup>.

### **2.2 Tipo de procesos**

Los procesos según su funcionalidad se clasifican en operativos, apoyo, gestión y dirección.

Operativos: procesos que implican transformación de materias primas para obtener un producto de mayor valor o servicio.

Apoyo: procesos que colaboran en variedad maneras a que se lleven a cabo los procesos operativos.

---

<sup>6</sup> Guía para la dirección de proyectos PMBOK Cuarta edición pág. 45

<sup>7</sup> Mario Gutierrez. Administración para la Calidad. Pág. 73

<sup>8</sup> Juan Bravo, Gestión por Procesos. Pág. 27

Gestión: procesos de seguimiento y control que permiten contar con información que ayuda a la toma de decisiones.

Dirección: procesos que implican evaluación y retroalimentación de los objetivos propuestos.

Para la investigación fue importante centrarnos en los procesos operativos definidos como, proceso de bajo nivel que no se puede desagregar más como proceso, sino que su descripción detallada da origen a un nuevo nivel de profundidad, donde aparecen las actividades.

### **2.3 Gestión por proceso**

La forma sistémica con la cual se aumenta el valor de los procesos de la organización elevando la satisfacción de los clientes y cumpliendo los objetivos del negocio, es lo que se conoce como gestión por procesos.

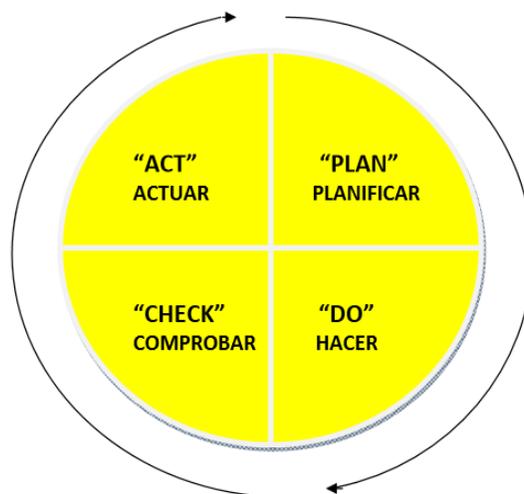
La gestión de procesos está orientada al cliente e incrementa la productividad ya que con esta se ejerce control en variables importantes tales como tiempo, calidad y costo. Adicionalmente esta forma de gestión asigna y empodera funcionarios a cada proceso de la empresa.

### **2.4 Ciclo de Deming**

Deming señaló que a través del ciclo de shewhart la empresa puede obtener la satisfacción del cliente y en un círculo de mejora continuamente. El ciclo de Shewhart<sup>9</sup> es un procedimiento que tiene como finalidad hacer las eficiente y eficaz cualquier actividad de la empresa.

---

<sup>9</sup> Calidad Total : Fuente de Ventaja Competitiva, Juan Jose Torí, pág. 45



**Ilustración 2.4-1;** Ciclo de Deming.

El ciclo está formado por un círculo cerrado que muestra cuatro cuadrantes que son planificar, hacer, comprobar y actuar, las cuales son diferentes entre sí.

**PLANIFICAR:** en esta etapa la organización define los objetivos mediante con un análisis pormenorizado de los datos existentes, políticas, metodologías, procesos de trabajo incluyendo la asignación de recursos.

**HACER:** Teniendo en cuenta las directrices derivadas de la etapa de planeación, la organización realiza las actividades para generar los productos o servicios.

**COMPROBAR:** en esta etapa se evalúan los resultados obtenidos por la organización tomando como referencia los objetivos inicialmente definidos, verificando si se han obtenido mejoras e identificando las posibles causas de las desviaciones y establecer planes de acción.

**ACTUAR:** en esta etapa se establecerán las acciones correctivas o mejoras teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

## 2.5 Procesos químicos

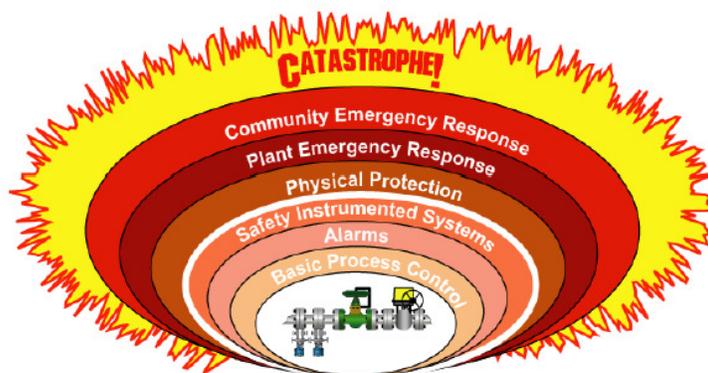
Un proceso químico es todo conjunto de acciones encaminadas a transformar o modificar la composición química de una sustancia o materia prima mediante aumentos en la presión,

temperatura o mediante la adición de otra sustancia, con lo cual se produce un cambio en las propiedades y funcionalidades de la sustancia inicial.

En vista que industrialmente estas modificaciones en las presiones y temperaturas son bastante altas, la infraestructura de la organización debe estar dotada de varios elementos que formas capas de protección ante cualquier falla en la contención de productos.

Capas de protección de los procesos industriales:

Todos y cada uno de los proceso productivos deben contar con capas de protección de garanticen el control y la seguridad de la operación. Estas capas son las siguientes:



**Ilustración 2.5-1;** Capas de protección procesos industriales.

- BPCS (Basic Process Control System) : sistema básico de control de proceso. realiza control regulatorio con el fin de desarrollar las actividades del proceso en forma normal.
- Alarmas: en esta capa corresponde a todas las señales tanto auditivas como luminosas que le indican al gerente de la planta que el proceso se ha salido de la condición seguras de operación.
- SIS (Safety Instrumented System) : sistema instrumentado de seguridad. Esta capa se encuentra dotada de un sistema de parada de emergencia (emergency shutdown).

Ejercer protección a través de la acción de corte para regresar al proceso a un estado seguro.

- Sistema de mitigación: sistema que minimiza las consecuencias de una falla en un sistema energizado. En caso de las unidades productivas corresponde al sistema de detección de fuego y gas (fire&gas), el cual posee detectores y activa dispositivos de rocío.
- Protección física: corresponde a todos los elementos instalados dentro de una facilidad y que crean una barrera de protección y evitan la propagación en caso de una falla del proceso.
- Respuesta a emergencias: corresponde al plan de respuesta a accidentes de proceso, el cual que es activado en una empresa se determine que el proceso esta fuera de control o ha ocurrido una falla.

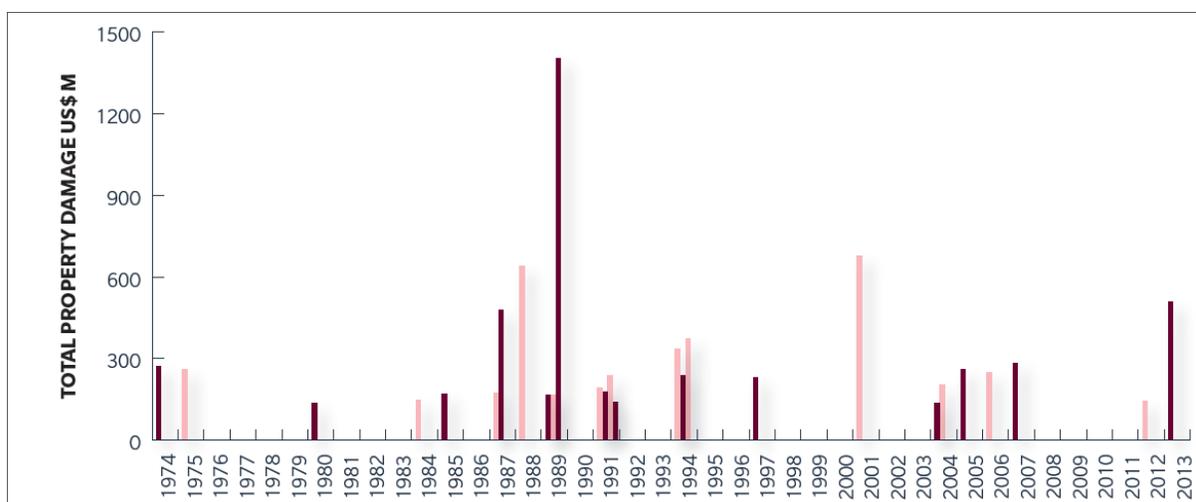
## 2.6 Generalidades

Los principales riesgos de las industrias de proceso<sup>10</sup> surgen por fallas de contención de un componente del sistema, lo cual genera fugas de fluidos de proceso que pueden ser inflamables, combustibles, o tóxicos y con alto contenido de energía por su condición de operación (alta presión y temperaturas muy altas o demasiado bajas). Los escapes grandes y repentinos pueden causar explosiones, nubes tóxicas y contaminación, cuyos efectos se extienden mucho más allá del perímetro de las instalaciones de la industria llegando a afectar a poblaciones aledañas. Por otro lado, los escapes menores aunque persistentes de este tipo de químicos, pueden llevar a enfermedades profesionales y contaminaciones ambientales.

---

<sup>10</sup> Un proceso químico es un conjunto de operaciones químicas y/o físicas destinadas a la transformación de unas materias iniciales en productos finales diferentes.

Durante las últimas cuatro décadas, las industrias de proceso han dado un enfoque distinto a los riesgos y fallas que podrían causar grandes pérdidas de vidas humanas e infraestructuras. Este enfoque distinto, gerencial e integral se conoce como administración de seguridad de los procesos. Se trata de la implementación de un sistema de gerenciamiento con mayor énfasis en las medidas para mitigar los riesgos en todos los procesos productivos que se desarrollan en la empresa, haciendo las cosas bien desde el principio. Como producto de la ocurrencia de varios eventos catastróficos, la administración de la seguridad de procesos ha tenido una importante evolución a lo largo de estos 40 años, generando una mayor conciencia de la seguridad y de los problemas ambientales, comparado con la seguridad industrial tradicional.



**Ilustración 2.6-1;** Pérdidas a nivel mundial en la industria petroquímica de 1974 a 2013. En US\$M llevados a valores de 2013. (MARSH, 2014)

La explosión ocurrida en Flixborough en 1974, aparte de generar grandes pérdidas humanas y económicas, inicio la preocupación por la afectación a la salud de las personas y el daño al medio ambiente que era generado por las actividades realizadas en la industria química; principalmente las asociadas a la industria petroquímica y agroquímicos. Esto llevó a la creación del Comité Asesor en grandes Peligros (ACMH)<sup>11</sup> que estuvo vigente del 1975 al 1983.

<sup>11</sup> Su sigla en inglés significa Advisory Committee on Major Hazards, creado en la Comisión de Salud y Seguridad a finales de 1974 para considerar los problemas de seguridad asociados con las instalaciones industriales de gran escala, donde se llevan a cabo las operaciones potencialmente peligrosas.

La legislación contempló emisiones de las instalaciones industriales, así como en la exposición de los trabajadores a sustancias nocivas para la salud en dichas instalaciones.

De igual manera sucedió en otros países que vivían la misma situación y cuya aceleración en la industria de procesos era similar a la del Reino Unido, como fue el caso de los Estados Unidos, en donde a raíz de los accidente ocurridos en Bhopal- India , así como otras tragedias de alto impacto a nivel mundial (Flixborough, 1974; Seveso, 1976; Three Mile Island, 1979; Cubato, 02 1984; Ciudad de México, noviembre de 1984; Houston, 1989) produjeron preocupación generalizada todos los sectores de la industria y el Estado por el riesgo al que estaban expuestos por las plantas químicas.

Esto no solo generó desconfianza de la población cercana a instalaciones petroquímicas y agroquímicas, inversionistas, y demás interesados, sino que generaba zozobra en el mismo personal que operaba estas instalaciones, en cuanto a si existía o no la suficiente protección ante posibles pérdidas de contención de sustancias peligrosas o liberación de energía.

La situación que vivía la industria química por lo que venía sucediendo conllevó a la creación de una serie de iniciativas para contrarrestar todos estos eventos. Es por esto que en 1985, la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos (CMA, ahora conocido como el CAC, el American Chemistry Council) publicó sus directrices sobre el proceso de gestión de la seguridad, y el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE)<sup>12</sup> creó el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS)<sup>13</sup>. Posteriormente fueron creados otros centros de seguridad, como el Instituto Nacional para la Seguridad Química, el Centro de Derecho Ambiental Nacional y el Proceso de Mary Kay O'Connor. La Agencia de los Estados Unidos de Protección Ambiental (EPA)<sup>14</sup> y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) del Departamento de

---

<sup>12</sup> Organización profesional para los ingenieros químicos. AIChE se estableció en 1908 con el propósito de establecer los ingenieros químicos como profesión independiente de los químicos y los ingenieros mecánicos.

<sup>13</sup> Organización sin ánimo de lucro, bajo los lineamientos de AIChE, que identifica y direcciona las necesidades de seguridad de procesos dentro de las industrias química, farmacéutica y del petróleo. CCPS reúne a fabricantes, organismos gubernamentales, consultores, académicos y compañías de seguros para liderar el camino en la mejora de la seguridad del proceso industrial. (www.aiche.org, 2015).

<sup>14</sup> Agency of the U.S. federal government which was created for the purpose of protecting human health and the environment by writing and enforcing regulations based on laws passed by Congress. (www2.epa.gov, 2015)

Trabajo de los Estados Unidos, comenzaron varias iniciativas técnicas encaminadas a la recopilación de información sobre los principales riesgos de accidente.

Con la aparición de estas organizaciones, la industria se percató que para prevenir los desastres que habían venido ocurriendo en la industria durante el transcurso de la historia era necesaria:

- Evaluar la exposición al riesgo teniendo en cuenta la probabilidad de ocurrencia y las posibles consecuencias.
- Incorporar las lecciones aprendidas de la industria química en la formación de directivos y del personal operativo.
- El personal debería conocer las normas de la empresa, los códigos y/o estándares internacionales y, el entendimiento de la legislación.
- Consolidar y difundir información a través de las diferentes asociaciones, institutos y centros de investigación.
- Implementar un sistema de gerenciamiento de seguridad de procesos basado en los modelos internacionales.

En la actualidad, las organizaciones que han adoptado la seguridad de procesos, la han aplicado a lo largo del ciclo de vida del activo, desde el diseño hasta la disposición final del mismo. En cuanto la estructura administrativa, esta no ha incorporado un departamento diferente o adicional a los departamentos funcionales; por el contrario es ser una característica intrínseca en cada una de estos departamentos. Sin embargo de todos los cargos en la estructura administrativa de la organización, el gerente de operaciones ocupa una posición preponderante, ya que su labor en la empresa se torna al rol de asesor en la toma de decisiones sobre cualquier modificación en la planta, así como también en cualquier modificación en las diferentes variables del proceso de producción. Esto dado que su entrenamiento en la química del proceso y los materiales procesados, es quien está completamente familiarizado con los riesgos en el proceso ya que conoce los factores implicados en el diseño mecánico, la construcción y los materiales utilizados.

Por otra parte, King & Hirst, (1998) concluyó que, luego de revisar los historiales de eventos ocurridos y afectaciones a la salud de las personas en la industria petroquímica se tienen los siguientes aspectos a modo general:

- la toxicidad de las sustancias,
- las lecciones aprendidas,
- desconocimiento de las sustancias usadas,
- La población más afectada por los accidentes
- la proporcionalidad entre el impacto de los accidentes y el tamaño de la planta industrial.

Referente a la toxicidad en la industria petroquímica y agroquímica; en algunos casos no se mitiga el riesgo de exposición a ciertas sustancias aunque la afectación haya sido descubierta y comprobada, sobre todo en las sustancias extraídas de los depósitos en la corteza de terrestre.

El otro aspecto son las lecciones aprendidas; en cuanto a que no capitalizamos los errores del pasado; es decir, nos olvidamos rápidamente de las “lecciones por aprender” con el pasar del tiempo, cuando la historia tiene un desafortunado habito repetirse en sí mismo. Como dijo Napoleón Bonaparte: “Quien no conoce la historia está condenado a repetirla”.

El tercer aspecto es que a menudo existe un desfase entre manufactura inicial de sustancias peligrosas y el reconocimiento general de peligros. Esto quiere decir que primero se manipulan sustancias peligrosas y luego de conocerlas se reconoce el riesgo al cual se estuvo sometido el personal que estuvo expuesto. Ejemplo de esto tenemos el asbesto, los CFC refrigerantes y aerosoles, insecticidas de hidrocarburos clorados, benceno y el almacenamiento de nitrato de amonio.

Otro aspecto que podemos evidenciar es que por lo general la población más afectada ante accidente relacionado con la seguridad de procesos, son las clases menos favorecidas y toda la población que generalmente habitan en lugares aledaños a fábricas e industria de proceso, quienes se ubican allí precisamente en busca de oportunidades laborales en dichas empresas.

El último aspecto a considerar es que las inversiones en plantas industriales son cada vez mayores; y en la búsqueda de lograr economías a gran escala, se invierte en grandes infraestructuras para obtener mayor capacidad de producción. Todo esto genera un incremento en las consecuencias en caso de que se liberaran los peligros. Nos referimos claramente a que en estas nuevas instalaciones hay más trabajadores luego entonces la proporción de pérdidas o fatalidades del capital humano aumentaría.

## **2.7 Causas raíz de Accidentes en Instalaciones De Proceso**

Los accidentes catastróficos sucedidos en instalaciones de proceso muestran que las causas de los mismos pueden clasificarse, dejando al margen las injerencias de agentes externos al proceso y fuerzas naturales (proximidad a instalaciones peligrosas, viento, heladas, incendios, etc) en los siguientes tres grupos, para cada uno de los cuales se indican algunos de los fallos más frecuentes.

- ❖ Fallos de Componentes o Sistemas
- ❖ Desviaciones en las Condiciones Normales de Operación
- ❖ Errores Humanos y de Organización

Se debe tener como premisa que los fallos de los sistemas siempre son previsibles, un estudio de seguridad o una revisión de una planta en funcionamiento, puede precisar la probabilidad de que suceda una falla. En este sentido, todo componente de una planta, deben estar sometidos a un programa de mantenimiento preventivo para garantizar su correcto estado y garantice su renovación antes de finalizar su vida útil. Por otra parte, los errores humanos que también son posibles, deben ser cuidadosamente analizados en términos probabilísticos para su debido control cuando por consecuencia de los mismos se pueden generar graves catástrofes.

## **2.8 Riesgo**

Corresponde a la probabilidad de que suceda un evento no deseado, esto es que puede provocar daños a la vida, a equipos, a la instalación completa o al medio ambiente. Sin embargo con el propósito de cuantificar, la definición más utilizada es:

**Riesgo = Frecuencia X Magnitud De Las Consecuencias.**

O bien, considerando la esperanza matemática:

**Riesgo = Probabilidad De Ocurrencia X Probabilidad de Exposición X Magnitud De Las Consecuencias.**

Una clasificación de los riesgos en la actividad industrial es la siguiente:

**Riesgos Convencionales:** son los riesgos que hacen referencia a la planta física de las organización y con las actividades que realizan en ese sector industrial específico.

**Riesgos Específicos:** son todos aquellos riesgos que tienen relación con el manejo de sustancias o los productos que puede ocasionar daños (radioactivos, tóxicos, etc.);

**Riesgos Mayores:** son los riesgos que tienen como consecuencia afectación a toda una zona.

Una herramienta importante y punto de partida para realizar un estudio de riesgos de cualquier planta corresponde a las bases de datos, ya que los análisis de datos estadísticos generados a partir de las bases de datos de accidentes permiten identificar posibles causas de accidentes en instalaciones similares.

Las bases de datos también permiten identificar algunos factores de riesgo a eventos no deseados en una instalación que pueden desencadenar un accidente. Adicionalmente, se puede obtener un amplio compendio de respuesta a emergencia o soluciones de carácter correctivo. Por otra parte, permiten calcular el riesgo de una planta industrial y estimar las posibles consecuencias que en caso de ocurrencia de un evento (Gracia, 1998). Como ejemplo de bases de datos podemos mencionar las siguientes:

✓ **FACTS**, que es el acrónimo de "Failure and Accidents Technical information System". De propiedad de TNO "Division of Technology for Society". Contiene aproximadamente 15.000 registros de accidentes industriales con sustancias peligrosas. Contiene accidentes ocurridos desde 1960 en Europa y USA. Contiene las posibles causas de los accidentes que pueden ocurrir en un importante número de equipos y/o instalaciones.

- ✓ THE ACCIDENT DATABASE (versión 2); de propiedad de Safety Health and Environment Department del IchemE (Institution of Chemical Engineers) contiene más de 10.500 registros. Contiene descripción de lo ocurrido en cada accidente, por lo que la búsqueda debe ser de manera sistemática de los registros.
- ✓ HAZARD INCIDENT DATA SERVICE, de propiedad de SDR (Safety and Reliability Directorate). Presenta accidentes del año 1900, recopilando 8.600 accidentes de países de todo el mundo.
- ✓ MARS (Major Accident Report System) de propiedad de Institute for Systems Engineering and Informatics (ISEI) dependiente del Joint Research Centre, organismo público de la Comisión Europea ubicado en Ispra (Italia). Recopila informes de un gran número de accidentes, la descripción de los mismos es exhaustiva y de calidad. En la actualidad, es posible acceder a las informaciones públicas de MARS a través de Internet. Lamentablemente el número de registros es inferior al de las otras bases de datos comentadas (Santamaría, 1994).

## 2.9 Regulaciones de seguridad de procesos

### 2.9.1 Regulaciones en Europa.

En junio de 2007, el reglamento REACH<sup>15</sup> fue establecido en la Unión Europea con el propósito de registrar, evaluar, autorizar y restringir productos químicos. Según la Comisión Europea, su objetivo principal fue el de garantizar a la salud humana y medio ambiente un mayor protección ante cualquier evento. Por lo anterior, los fabricantes de productos químicos estaban obligados a proporcionar la información completa de los riesgos asociados a las diferentes sustancias y registrar en las base de datos de la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA<sup>16</sup>) estos riesgos. El reglamento REACH También proporcionó alineamientos para confiscar productos químicos y para alternativas de uso de otros productos más seguros.

---

<sup>15</sup> Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical Regulation. Este reglamento de la Unión Europea, es adoptado con el fin de mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los riesgos que pueden presentar los productos químicos, a la vez que se potencia la competitividad de la industria química de la UE.

<sup>16</sup> European Chemicals Agency.

En 2009, un nuevo documento complementó la regulación, este proporcionó lineamientos sobre marcado, embalaje e información de los productos químicos. La nueva regulación sobre manejo de sustancias y mezclas (CLP<sup>17</sup>), incorporó el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS<sup>18</sup>), las cuales fueron reconocidas por las Naciones Unidas (ONU).

### **2.9.2 Regulaciones en Norte América.**

En el año 1985 el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE<sup>19</sup>) forma el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS<sup>20</sup>). Por otro lado, la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos (CMA<sup>21</sup>) creó el Programa de Respuesta a la conciencia de la comunidad (CAER<sup>22</sup>) como resultado del accidente ocurrido en Bhopal.

Para el año de 1990, la CAAA autorizó el establecimiento de los requisitos del Programa de Gestión de Riesgos de la EPA y la CSB. Además el Instituto Americano del Petróleo (API<sup>23</sup>) publicó la Práctica recomendada RP API 750 (Management of Process Hazards), que trata de la Gestión de Riesgos de Proceso. Por otro lado es publicada por la EPA<sup>24</sup> las Enmiendas de 1990 a la Ley de Aire Limpio; que consiste en una ley federal que establece los límites máximos de contaminación en el aire que se permitieron en USA.

En mayo del 1992, La regla de Gestión de Seguridad de Procesos fue adoptada por la OSHA. OSHA<sup>25</sup> divulga la regulación 29 CFR 1910.119 que trata sobre la Gestión de la Seguridad de los Procesos y Productos Químicos Altamente Peligrosos y Explosivos.

En Junio de 1996, se divulgó por parte de la EPA la regla 40 CFR Parte 68: Requisitos para la Prevención de liberación de accidentes: RMP<sup>26</sup> bajo la CAA, Sección 112(r)(7) la cual es comúnmente conocida como "la regla RMP" o regla del Programa de Gerenciamiento del

---

<sup>17</sup> Classification and Labeling of Chemicals.

<sup>18</sup> Globally Harmonized System.

<sup>19</sup> The American Institute for Chemical Engineers.

<sup>20</sup> Center for Chemical Process Safety.

<sup>21</sup> The Chemical Manufacturers Association.

<sup>22</sup> The Community Awareness Response Program.

<sup>23</sup> American Petroleum Institute.

<sup>24</sup> Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

<sup>25</sup> Occupational Safety and Health Administration

<sup>26</sup> Risk Management Program.

Riesgo. La población objetivo de la EPA es el público en general y el medio ambiente, mientras que la población objetivo de OSHA son los trabajadores.

Además de las regulaciones anteriores, también fueron desarrolladas otras en diferentes estados de los EE.UU, las cuales podemos mencionar:

- ✓ En el estado de California año de 1985, se publicó la Gestión de Materiales Peligrosos.
- ✓ En el 1986 se divulgó la ley de Prevención de Catástrofes por productos tóxicos en el estado de Nueva Jersey.
- ✓ En el 1988 fue desarrollada la ley de Gestión de Riesgos de Sustancias Extremadamente Peligrosas.

Después de los acontecimientos del 20 de abril de 2010 en la costa del golfo, se ha propuesto un nuevo proyecto de ley denominado "Ley de Prevención del escapes de 2010" como respuesta a los más grandes escapes de petróleo ocurridos en la historia de Estados Unidos. La ley está destinada a controlar las operaciones de perforación de pozos de alto riesgo y garantizar la seguridad de las personas y el medio ambiente. Este proyecto de ley se ocupa de temas tales como:

- Permitir la aprobación de las operaciones de perforación después de que el solicitante ha demostrado su capacidad para contener las fugas y prevenirlos;
- Los requisitos para un diseño y operación segura de dispositivos de prevención de explosión;
- Las normas para el diseño seguro de pozos, desde la producción hasta la fase de finalización;
- Los requisitos de suspensión de trabajo cuando surja una situación potencial de poner en peligro las instalaciones, personas o medio ambiente;
- Las exigencias de certificación e inspecciones por parte de terceros.

La Ley de Seguridad de Productos Químicos de 2010 se introdujo en abril de este año para garantizar la seguridad del consumidor. El proyecto de ley tuvo por objeto actualizar la TSCA<sup>27</sup> de 1976. Lo más destacado de esta reforma fue:

- ✓ Ampliación del número de productos químicos que se requieren para someterse a pruebas de seguridad antes de llegar a manos del consumidor.
- ✓ El uso de un sistema de clasificación de riesgos basado en la información preliminar de seguridad proporcionado por el fabricante.
- ✓ El fomento de la utilización de alternativas más seguras intrínsecamente, proporcionando incentivos monetarios para la investigación hacia las sustancias y tecnologías menos dañinas para el medio ambiente, el personal, y el consumidor.
- ✓ Exigencia de información de seguridad de cada ingrediente químico existente en la composición de un producto final. Actualmente, la EPA requiere MSDS<sup>28</sup> para las sustancias peligrosas enumeradas.

Los controles sobre las emisiones accidentales también introdujeron por la OSHA una regla para el Proceso de Gestión de la Seguridad de los Productos Químicos Altamente Peligrosos. Esto introdujo un requisito para un sistema de gestión de seguridad de procesos para identificar, evaluar y controlar tales riesgos. El 20 de junio de 1996, el Plan de Gestión de Riesgos fue también un programa reactivo creado en respuesta al accidente de Bhopal. Incluye cinco elementos encaminados a reducir el número y la magnitud de las consecuencias de accidentes, tales como: evaluación de riesgos, el programa de prevención, programa de respuesta de emergencia, y la documentación requerida.

En los Estados Unidos, el Gobierno Federal fue una fuente de legislación. En los últimos años, la participación del gobierno federal en materia de salud y de la legislación de seguridad ha

---

<sup>27</sup> Toxic Substances Control Act. Regula la producción, eliminación, distribución, importación, uso y procesamiento de todas las sustancias tóxicas, o todas aquellas sustancias que presentan un riesgo razonable de daño a la salud pública o ambiental.

<sup>28</sup> Hoja de datos de seguridad de materiales. Este documento da información detallada sobre la naturaleza de una sustancia química, tal como sus propiedades físicas y químicas, información sobre salud, seguridad, fuego y riesgos de medio ambiente que la sustancia química pueda causar.

aumentado considerablemente. Las principales categorías de la legislación de seguridad que afectan a la industria de procesos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. La salud y seguridad en el trabajo;
2. El cuidado al medio ambiente;
3. El manejo de sustancias tóxicas;
4. De emisiones;
5. De seguridad industrial.

Las leyes son creadas por el proceso legislativo en varios pasos. Existen muchas agencias reguladoras con la autoridad para crear reglamentos, así como las sanciones por violar estas regulaciones. La Ley de Procedimiento Administrativos (APA<sup>29</sup>) describe cómo estas agencias pueden crear regulaciones. La regulación se convierte en una regla final y se publica en el Registro Federal y el Código de Regulaciones Federales (CFR<sup>30</sup>).

### **2.9.3 Desarrollo de las Normativas y Regulaciones en Latino América.**

Las razones para referenciar estos dos países (México y Colombia) en este estudio fueron que básicamente la diversidad industrial alrededor de la industria petrolera y petroquímica que se dispone en México, y el interés nuestro en el desarrollo una eficiente normativa en Colombia de talla mundial y coherente con los modelos internacionales.

#### México.

En México la normativa relacionada con la administración de seguridad de procesos es la denominada NOM-28 (*NORMA Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas*). En el capítulo 22: “Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con ninguna norma internacional, debido a no existir referencia alguna al momento de su

---

<sup>29</sup> Ley Federal, que establece las normas y reglamentos para las aplicaciones, los reclamos, las audiencias y apelaciones que involucran agencias gubernamentales.

<sup>30</sup> El Código de Regulaciones Federales (CFR) es la codificación de las normas generales y permanentes publicadas en el Registro Federal por los departamentos ejecutivos y agencias del Gobierno Federal. Cada volumen de la CFR se actualiza una vez cada año civil y se emite en forma trimestral. La Oficina de Derecho de autor de Estados Unidos escribe las normas relativas a derechos de autor que se encuentran en el Título 37 del CFR.

elaboración.”; sin embargo en el capítulo inmediatamente anterior en sus documentos de referencia, mencionan los documentos de mayor fuerza en los EEUU en cuanto a la administración de seguridad de los procesos como lo son la OSHA, el EPA y por supuesto AIChE o CCPS.

El objetivo de esta normativa es el de establecer los pilares sobre los que se fundamenta un sistema de administración necesario para organizar la seguridad en los procesos y equipos críticos que sean encargados de transportar o almacenar sustancias químicas peligrosas, con el propósito de prevenir la ocurrencia de eventos no deseados y proteger de lesiones a las personas, a las organizaciones y a su entorno.

El Campo de aplicación está orientado básicamente a las industrias que realicen procesos específicos de:

- a) Extracción de petróleo;
- b) Extracción de gas natural;
- c) Almacenamiento y distribución de gas natural;
- d) Producción de gas licuado de petróleo (GLP);
- e) Almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo (GLP.);
- f) Producción de petroquímicos, o
- g) Refinación del petróleo crudo y petroquímica básica, o

Manejen sustancias químicas peligrosas en procesos y equipos críticos<sup>31</sup>, en volúmenes iguales o mayores a las cantidades umbrales señaladas en el Apéndice A de esta Normativa (NOM-028, 2012).

Los elementos de seguridad que se manejan en esta normativa son:

1. Obligaciones del patrón
2. Obligaciones de los trabajadores
3. Análisis de riesgos
4. Procedimientos de seguridad y autorizaciones para trabajos peligrosos
5. Administración de riesgos

---

<sup>31</sup> Según la NOM-028, los equipos críticos son los tanques de almacenamiento y recipientes presurizados, junto con sus sistemas de paro de emergencia; los dispositivos y sistemas de alivio de presión y de venteo; las protecciones del proceso, tales como controles, enlaces de protección, sensores y alarmas, y los sistemas de bombeo y tuberías, entre otros, destinados a contener sustancias químicas peligrosas, que se encuentran o no interconectados en el proceso de producción, en los que la falla de los dispositivos de seguridad, de la integridad mecánica o en el manejo de las sustancias o equipos, durante la operación de los mismos, puede ocasionar un accidente mayor.

6. Administración de la integridad mecánica de los equipos críticos
7. Administración de cambios
8. Plan de atención a emergencias
9. Programa de auditorías internas
10. Procedimiento para la investigación de accidentes mayores
11. Sistema de información sobre los procesos y equipos críticos
12. Contratistas
13. Programa de capacitación
14. Unidades de verificación
15. Procedimiento para la evaluación de la conformidad
16. Vigilancia  
(NOM-028, 2012)

### Colombia.

En Colombia las normativas que se aproximan al Gerenciamiento de seguridad de procesos son el decreto 1443 del 31 de Julio del 2014, que dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST); la normativa NTC 5254 que tiene como objetivo establecer un marco apropiado que permita realizar la gestión del riesgo, correspondiente a la identificación, evaluación, mitigación, el seguimiento y la comunicación.

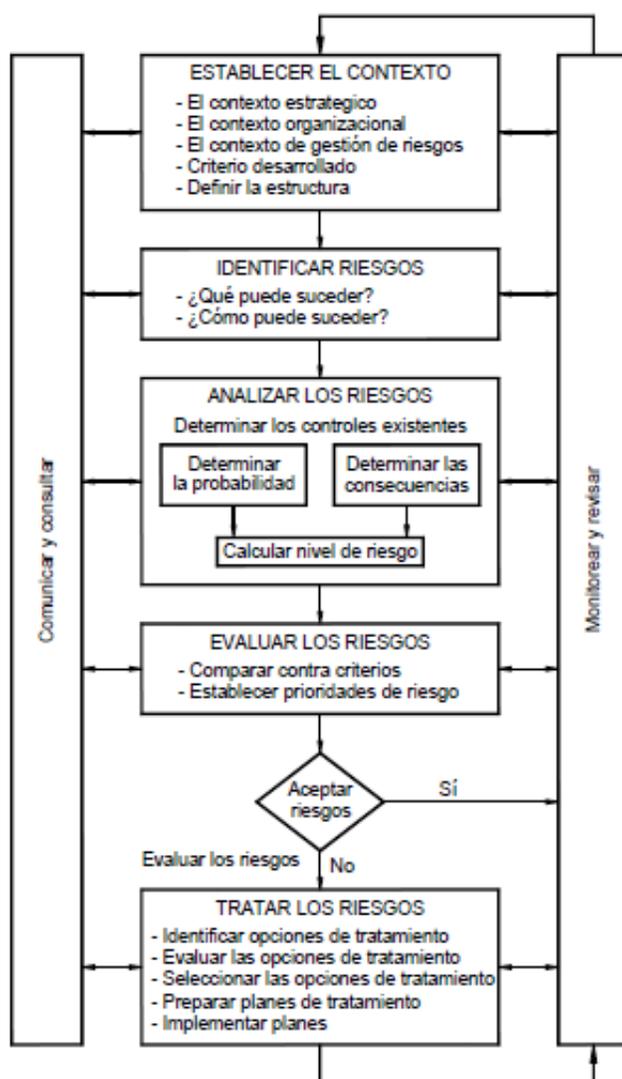
Tal como lo dice el decreto 1443 en su artículo 1, este *“tiene por objeto definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo -SG-SST, que deben ser aplicadas por todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, las empresas de servicios temporales y tener cobertura sobre los trabajadores dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores en misión”*.

Cabe destacar que en el texto cuando se habla de seguridad y salud en el trabajo, se hace referencia al término salud ocupacional, que se entiende como la disciplina que establece diferentes medidas y procedimientos para proteger y prevenir a los trabajadores de enfermedades o lesiones con ocasión de su trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los

trabajadores para mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo.

Por otro lado si nos vamos a la norma NTC 5254, vemos la clara orientación de una normativa genérica del tratamiento de riesgos; pero no dirigidos a los riesgos de procesos generados por la industria. En esta se reconoce la gestión del riesgo como una parte integral de las buenas prácticas de gestión.

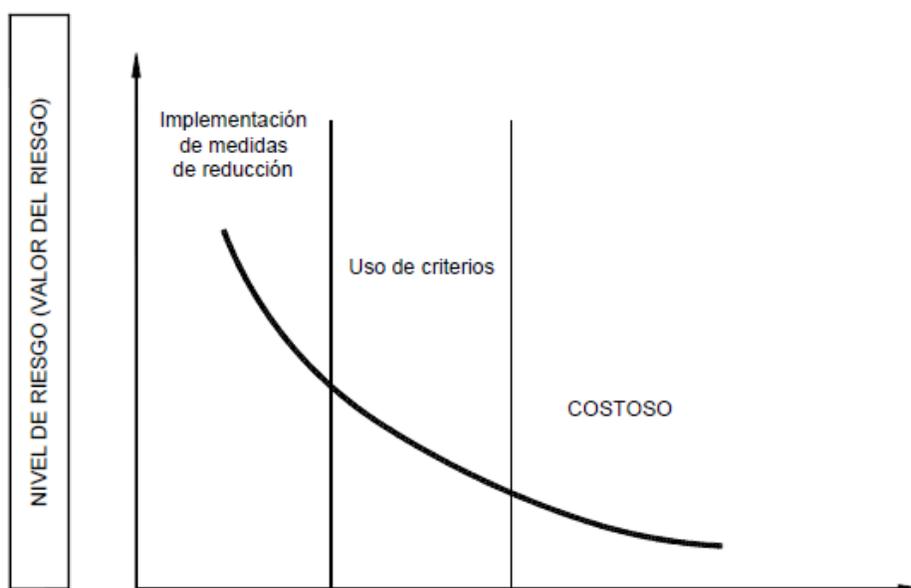
La gestión del riesgo es el término aplicado a un método lógico y sistemático para el establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación de los riesgos asociados con cualquier actividad, función o proceso, de forma que posibilite que las organizaciones minimicen pérdidas y maximicen oportunidades.



**Ilustración 2.9-1**, Proceso general de Gestión de Riesgos NTC 5254.

En la ilustración anterior, podemos evidenciar un flujograma que nos muestra dos pilares importantes dentro de este proceso; tal como lo son la comunicación y el monitoreo continuo. En cualquier sistema de administración de riesgos, todos los interesados deben estar enterados de los riesgos que se manejan; y es obligación de la gerencia el seguimiento y control de los mismos. También podemos observar que por ser un proceso genérico, el primer paso es el establecimiento del contexto, para enmarcar la gestión de riesgos a analizar. Los procesos de identificación, análisis, evaluación y tratamiento, son aceptados en todos los modelos reconocidos a nivel mundial de gestión de riesgos vinculada a la seguridad de procesos.

Por otro lado, la relación entre el nivel de disminución de riesgos y los costos es inversamente proporcional, con esta premisa el gerente deberá tomar una importante decisión entre la materialización del riesgo o implementación de medidas para reducción de los riesgos las cuales generan costos adicionales.



**Ilustración 2.9-2,** Costos de la medida de reducción de Riesgos NTC 5254.

#### 2.9.4 Agencia de Protección Ambiental (EPA), Gestión de Riesgos.

El incendio ocurrido sobre el río Cuyahoga en el año 1969 propició la creación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).



**Ilustración 2.9-3**, Río Cuyahoga antes y después de las regulaciones ambientales.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) es una agencia del gobierno de los Estados Unidos fundada en 1970 que se encarga de proteger la salud de las personas y el medio ambiente (Murra, 2008). En 1985, EPA comenzó su Programa de Preparación para Emergencias Químicas (CEPP<sup>32</sup>), el cual era un programa voluntario para alentar a las autoridades estatales y locales para identificar los peligros en sus áreas y planificar las acciones de respuesta a emergencias químicas, el cual posteriormente fue adoptado por el Congreso en el año 1986 (Murra, 2008).

La Ley de Aire Limpio (CAA) en sus enmiendas de 1990 autorizó tanto Programa de Gestión de Riesgos de la EPA, como el estándar de Gestión de Seguridad de Procesos de OSHA. OSHA recibió el mandato de la Sección 304 de la Ley de Aire Limpio para desarrollar reglamentos de prevención de accidentes químicos y respuesta de emergencia para proteger a los trabajadores en las instalaciones químicas peligrosas. Los Programa resultante de Gestión de Riesgos (regulación 40 CFR Parte 68) son similares a los estándares PSM de la OSHA.

---

<sup>32</sup> Chemical Emergency Preparedness Program.

Los once elementos de RMP cubren muchas de las mismas sustancias químicas tóxicas e inflamables, y requieren un conjunto similar de requisitos de prevención de accidentes. En resumen esta regulación aplica a:

Sustancias peligrosas específicas con un volumen de almacenamiento y manejo definido y sustancias peligrosas cubiertos especificados en la regla Lista de 3 de enero 1, 1994 (40 CFR Partes 9 y 68).

En comparación con OSHA; se aplica a todas las instalaciones que contienen más cantidad umbral, incluidas las instalaciones tipo almacenamiento para sustancias peligrosas

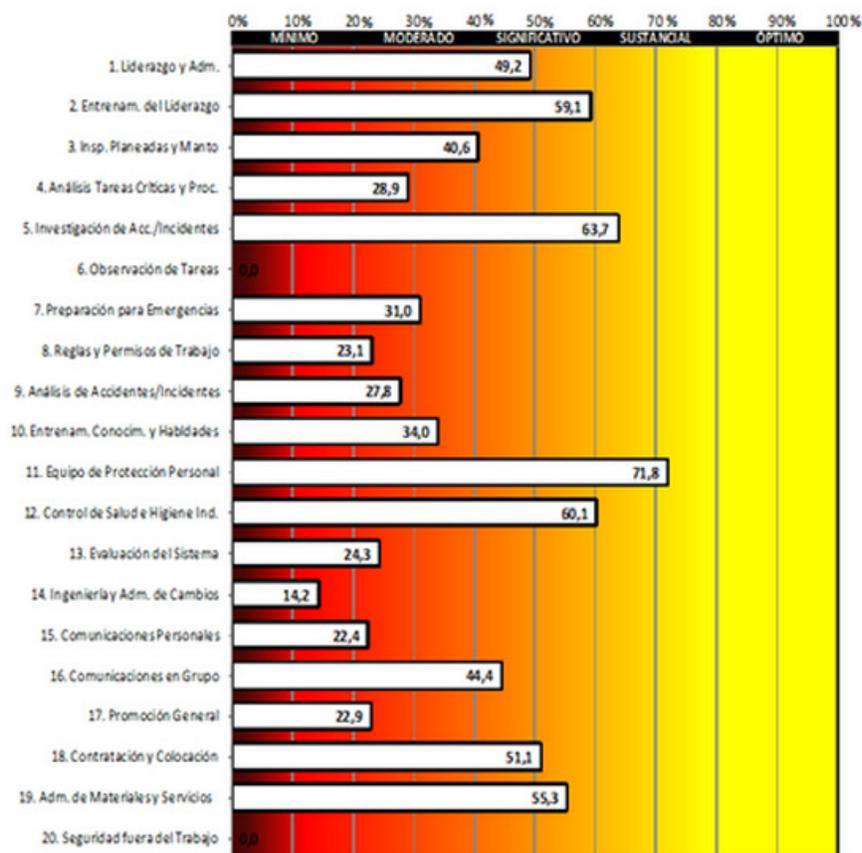
El 6 de Enero de 1998 se sacaron de la lista (clasificados por DOT) los explosivos de la división 1.1, para clarificar ciertas provisiones relacionadas con las sustancias inflamables reguladas y la exención del transporte. En las enmiendas a la lista de Marzo 13 del 2000 de acuerdo con la información de la seguridad de los productos químicos, la seguridad del sitio y el acto regulador de la emisión de combustibles, la lista de sustancias inflamables reguladas excluye aquellas sustancias que son usadas como un combustible o almacenadas para la venta como combustible.

Al programa de gerenciamiento de riesgos también se le hicieron enmiendas. En enero de 1999 se Agregaron varios elementos de datos obligatorios y opcionales. Se establecieron procedimientos para proteger la información confidencial del negocio y se adoptó un nuevo sistema de clasificación de la industria. En Mayo 26 de 1999 se modificaron los requisitos para conducir los análisis de casos del peor escenario posible en el caso de emisiones de sustancias inflamables y clarificar su interpretación en las secciones de CAA 112(1) y 112(r)(11) (como se relacionan con los requisitos del DOT bajo ley federal del transporte de sustancias peligrosas).

### **2.9.5 Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos según ISRS-DNV.**

DNV o Det Norske Veritas fundada en 1864 es una Sociedad de Clasificación a nivel global que cuenta con sede en Noruega. DNV tiene como principales objetivos proteger la vida, las instalaciones y el medio marino. La amplia experiencia en la gestión de riesgos ha convertido a esta sociedad en un proveedor de servicios de gestión de riesgos y referente internacional en esta materia.

El ISRS<sup>33</sup> es una herramienta de gerenciamiento que permite evaluar objetivamente el nivel de desempeño del programa de Seguridad y Salud Ocupacional de una compañía. Las verificaciones se realizan a través de preguntas, entrevistas con los empleados concedores del sistema, registros, verificación de documentos y recorrido de condiciones físicas.



**Ilustración 2.9-4.** Medición ISRS en una Empresa Petrolera.

Con el uso de los resultados obtenidos de esta evaluación, es posible implementar planes de acción de estos sistemas de seguridad y salud ocupacional. *“El primer deber del negocio es sobrevivir y el principio guía de la economía comercial no es la maximización de las utilidades, sino el evitar las pérdidas.”* (Drucker)

La 8va. Edición de ISRS fue lanzada en 2009 y contiene 15 procesos claves, encerrados en un ciclo de mejora continua. Cada proceso contiene subprocesos y preguntas.

<sup>33</sup> Internacional Sustainability Rating System por sus siglas en inglés o Sistema Internacional de Rating de Seguridad/Sostenibilidad.

Estrategia	
1	Liderazgo
Planificación	
2	Evaluación de riesgos
3	Recursos humanos
4	Aseguramiento del cumplimiento de la ley
5	Gestión de proyectos
Implementación	
6	Formación y competencia
7	Comunicación y promoción
8	Control de riesgos
9	Gestión de activos
10	Gestión de contratistas y compras
11	Preparación ante emergencias
Seguimiento	
12	Aprender de lo sucedido
13	Seguimiento de los riesgos
Revisión	
14	Resultados y revisión

**Ilustración 2.9-5.** Modelo Gestión de PSM ISRS.

## 2.10 Modelos de Administración de Seguridad de Procesos

De acuerdo con la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos de Estados Unidos (CMA), "la seguridad del proceso es el control de los riesgos que son causadas por mala operación o mal funcionamiento de los procesos utilizados para convertir las materias primas en productos terminados, lo que puede conducir a la liberación no planificada de materiales peligrosos "(CMA 1985).

Durante la década de 1980, las industrias de petróleo y gas, reconocieron que la tecnología de la seguridad del proceso por sí solo, sin la gestión de la seguridad del proceso, no impediría que los incidentes catastróficos ocurrieren. Con esto en mente, el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS) en los Estados Unidos, el Instituto Americano del Petróleo (API) y la Asociación de Fabricantes de Productos Químicos (CMA), iniciaron con el desarrollo de algunos programas para proporcionar directrices de gestión de seguridad de procesos para el uso e implementación por sus miembros. Como afirmó el CCPS, "La evolución de la seguridad del

proceso de una cuestión puramente técnica a uno que exigía enfoques de gestión fue esencial para continuar mejorando la seguridad de los procesos".

La CCPS se formó en 1985 para mejorar las técnicas de gestión de seguridad de procesos tales como los de almacenar, manipular, transformar y utilizar productos químicos y materiales peligrosos. En 1988, la Asociación de Fabricantes de Químicos (CMA) inició su programa Responsible Care® alineando el compromiso de la responsabilidad en la salud y la seguridad ambiental en cuanto al manejo de productos químicos.

En 1990, el API inició un programa de toda la industria titulado, STEP<sup>34</sup> Estrategias para la Asociación Medioambiental de hoy, con la intención de mejorar el desempeño de salud y seguridad ambiental de la industria del petróleo y el gas. Uno de los siete elementos estratégicos del programa STEP cubre la operación petrolera y la seguridad del proceso. Los siguientes documentos son ejemplos de algunos de los materiales desarrollados como resultado del programa STEP, que proporcionan orientación a la industria del petróleo y el gas para ayudar a prevenir la ocurrencia o reducir al mínimo las consecuencias de escapes catastróficos de líquidos y vapores inflamables o materiales peligrosos de proceso:

#### **2.10.1 Gestión de Riesgos Asociados con la ubicación de las plantas de proceso (RP 752).**

El RP<sup>35</sup> 752, co-desarrollado por API y CMA, fue destinado a apoyar la identificación de los riesgos en las construcciones de plantas de proceso, entender los riesgos potenciales relacionados con su ubicación y gestionar el riesgo de incendio, explosión y emisiones tóxicas. Los lineamientos principales fueron:

- a) Ubicar a las personas encargadas con la seguridad y efectividad operacional fuera del área de proceso.
- b) Reducir al mínimo el uso de los edificios en las proximidades de las áreas de procesos.

---

<sup>34</sup> En inglés Strategies for Today's Environmental Partnership.

<sup>35</sup> Recommended practice. RP son prácticas recomendadas para la industria, pero que aún no son catalogadas como normas de estricto cumplimiento.

- c) Gestionar la ocupación de los edificios que se encuentre en las proximidades de las áreas de proceso.
- d) Diseñar, construir, instalar, modificar y mantener los edificios destinados a proteger a los ocupantes contra explosión, incendio, y liberación de materiales tóxicos.
- e) Gestionar el uso de los edificios destinados para la ocupación como parte integral del diseño, construcción, mantenimiento y operación de una instalación.

### **2.10.2 Gestión de Seguridad de los procesos según AIChE<sup>36</sup>.**

El Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE) se estableció en 1908 con el propósito de establecer la ingeniería química como una profesión independiente de los químicos y los ingenieros mecánicos.

A medida que se desarrollaban las nuevas tecnologías en diferentes campos, hubo la necesidad de la colaboración de expertos para alcanzar objetivos comunes. AIChE jugó un papel importante a través de iniciativas conjuntas con la industria, la academia y otros. Dentro de estas iniciativas tenemos:

- ✓ Centro de Seguridad de Procesos Químicos (CCPS<sup>37</sup>): CCPS es una organización sin fines de lucro, organización de membresía corporativa dentro AIChE que se ocupa de la seguridad de procesos en las industrias química, farmacéutica y del petróleo. Es una alianza tecnológica de los fabricantes, organismos gubernamentales, consultores, académicos y aseguradoras dedicadas a mejorar la seguridad del proceso industrial. CCPS ha desarrollado más de 100 publicaciones pertinentes para procesar la seguridad.
- ✓ Instituto de Diseño de Sistemas de Socorro de Emergencia (DIERS<sup>38</sup>): DIERS fue formada en 1976 por un grupo de 29 empresas que se desarrollaron métodos para el diseño de sistemas de ayuda de emergencia para manejar reacciones incontroladas. Actualmente, 232 empresas participan en el Grupo de Usuarios DIERS implementar cooperativamente,

---

<sup>36</sup> American Institute of Chemical Engineers.

<sup>37</sup> Center for Chemical Process Safety.

<sup>38</sup> Design Institute for Emergency Relief Systems.

mantener y mejorar la metodología DIERS para el diseño de sistemas de ayuda de emergencia, incluidos los sistemas reactivos.

- ✓ Instituto de Diseño para Propiedades Físicas (DIPPR<sup>39</sup>): DIPPR recopila, correlaciona y críticamente evalúa los datos termo físicos y de propiedad del medio ambiente.
- ✓ Programa de Educación en Seguridad e Ingeniería Química (SACHE<sup>40</sup>): El programa Sache, iniciado en 1992, es una iniciativa entre el PCC y las universidades de ingeniería para proporcionar material didáctico sobre seguridad de los procesos en la formación de pregrado y posgrado que estudian ingeniería química y bioquímica. Los materiales también se pueden utilizar para la formación en entornos industriales. El comité de liderazgo Sache se compone de representantes del mundo académico y la industria, así como personal AIChE.
- ✓ Instituto para la Sostenibilidad (IFS<sup>41</sup>): La misión de IFS es ayudar a los profesionales, academias, industrias y entidades gubernamentales que contribuyen a la promoción de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. El objetivo principal de la IFS es promover los beneficios sociales, económicos y ambientales de la ingeniería sostenible y verde.

---

<sup>39</sup> Design Institute for Physical Properties.

<sup>40</sup> Safety and Chemical Engineering Education Program

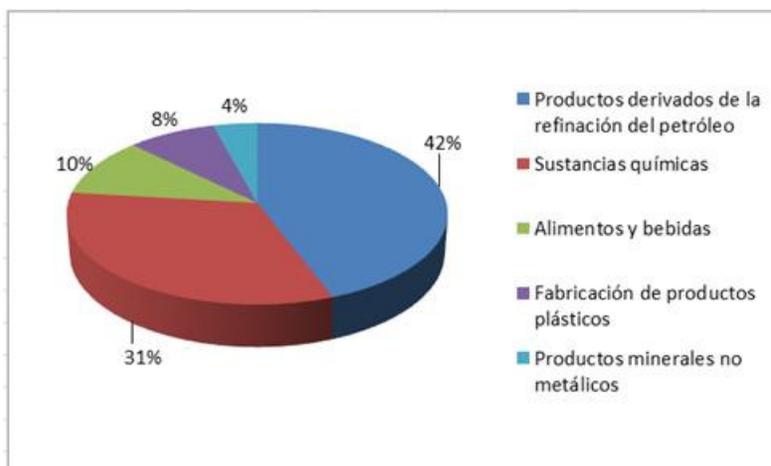
<sup>41</sup> Institute for Sustainability.

## 2.11 Industria Petroquímica en Cartagena

El sector petroquímico de Cartagena participa aproximadamente con 38% de la producción total de la ciudad e incorpora el 10% del total de puestos de trabajo formales de la ciudad. Este sector está compuesto de empresas de fabricación de sustancias químicas, empresas de productos derivados de la refinación de petróleo y empresas manufactureras.

Según la Encuesta Anual Manufacturera (EAM), Cartagena participo con el 46.07% de la producción industrial y generó el 23.35% del empleo del sector industrial del Caribe colombiano.

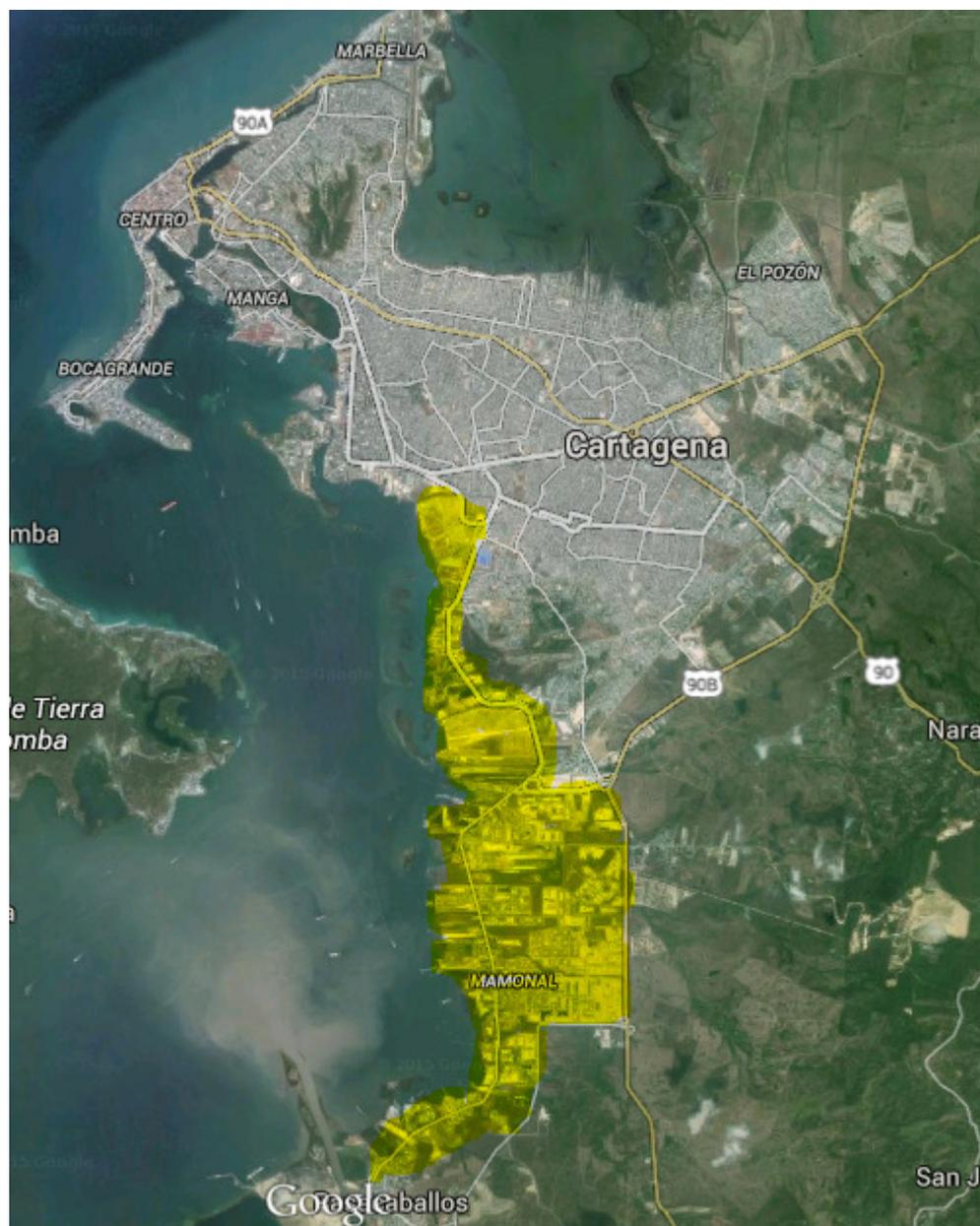
Cartagena cuenta con 109 empresas, las cuales producen el 6.5% del total de producción producido por la industria del país, con lo que la ubica en cuarto lugar de producción industrial a nivel nacional.



**Ilustración 2.11-1,** Producción en Cartagena.

De la gráfica se concluye que, la ciudad de Cartagena posee un conglomerado de empresas del sector petroquímico, químico y plástico. Tanto así, que se ha convertido en el principal fabricante de sustancias químicas del país.

En Cartagena se encuentra la zona de desarrollo industrial y manufacturero más importante de la Costa Atlántica, el Parque Industrial de Mamonal, localizado a 12 kilómetros al sureste de la ciudad. Este parque industrial tiene el producto por trabajador más alto del país y la más alta tasa de incremento de la producción (7.3%) y de ventas brutas (8.3%).



**Ilustración 2.11-2,** Zona Industrial de Mamonal

Además, la ciudad cuenta actualmente con tres zonas francas, estas son:

- ❖ Zona Franca de la Candelaria: La zona franca industrial de bienes y servicios de la Candelaria está localizada en el corazón del Parque Industrial de Mamonal.
- ❖ Zona Franca Industrial de Bienes y Servicios Cartagena – Zofranca S.A: Está ubicada al final del sector industrial de Mamonal y tiene dársena con muelle privado.

- ❖ Zona Franca Comercial. Se encuentra ubicada a solo 300 metros del puerto principal de la ciudad, en el barrio Manga. La Zona Franca Comercial, cuenta con nueve bodegas cubiertas de 1.486 mts<sup>2</sup> y 8.130 mts<sup>2</sup> de patios para almacenamiento. En la zona industrial de mamonal.

### **2.11.1 La Refinería de Cartagena.**

El 7 de diciembre de 1957, la Internacional Petroleum Co. Ltd. inauguró la refinería luego de varios meses de arduos trabajos y una inversión de 33 millones de dólares. La ubicación estratégica de la planta fue escogida debido a la existencia del Terminal del Oleoducto de la Andian National Corporation, las facilidades portuarias de la Bahía y su proximidad a la ciudad.

Con el propósito de atender los requerimientos de combustible del norte y occidente del país, Ecopetrol la compró en el año 1974 por un precio de 35 millones de dólares la Refinería ubicada en Cartagena. En este valor fue incluido el valor del cuarenta por ciento (40%) de las acciones del Oleoducto del Pacífico, que pertenecía también a Intercol.

Alrededor de la refinería emergió un grupo de empresas que tomaron como fuente todos los productos proporcionados por la refinería. De esta manera nació el área de Mamonal como zona industrial.

#### Evolución Técnica:

La Refinería fue construida con una capacidad nominal de 26.3 mil barriles día (kbd). En 1962, se realizaron modificaciones para aumentar la capacidad a 33.2 kbd. En 1964, se implementaron más equipos lo que le permitió aumentar su capacidad a 42 kbd.

Ecopetrol le dio un nuevo salto al aumentar su capacidad refinadora hasta 70.7 kbd. En la misma expansión se construyó la Planta Viscosreductora con capacidad de 20 kbd y se montó la primera Torre Enfriante de 35.000 galones por minuto, y la Unidad Desmineralizadora de Agua de 450 galones por minuto entre otras facilidades.

En 1996 se llevó la capacidad de la planta a un promedio de 75 kbd. En el año 2006, Glencore y Ecopetrol crearon la sociedad Refinería de Cartagena S.A. con el fin de realizar la construcción de la nueva Refinería de Cartagena con mayor capacidad.

En mayo de 2009, Ecopetrol compró el porcentaje de participación que tenía Glencore.

Durante el 2009 inicio la etapa de ingeniería de la nueva Refinería de Cartagena, y posteriormente los trabajos de construcción de esta con capacidad de 165 mil barriles por día, la cual tiene como objetivo iniciar operaciones en el año 2015.



**Ilustración 2.11-3,** Área de expansión nueva Refinería de Cartagena

### **2.11.2 Cabot Colombiana.**

CABOT es una compañía que inició en Estados Unidos hace más de 125 años, fabricando negro de humo, y luego a partir de los años 50 del siglo pasado iniciaron una expansión internacional ubicándolos estratégicamente en cercanías de los proveedores de materia prima principales, y, mercados de consumo de negro de humo, generalmente los fabricantes de llantas y cauchos, de los cuales el negro de humo hace parte entre un 20% y 40% de la materia prima para estos fabricantes. La compañía ha llegado a consolidarse como la mayor empresa productora y líder en el mundo. Aun así decide diversificar su portafolio basado en sus principios de trabajo, liderazgo e innovación. Incursiona en la fabricación de otros tipos de partículas finas, como las

sílica pirogénica y óxidos de metales, que son también, materias primas básicas para otros productos más complejos como cosméticos, productos de consumo masivo, sistemas electrónicos y chips de ordenadores. Por su credo y forma de trabajo personal de los fundadores originarios de la compañía, quienes conocían los riesgos y peligros de su producción, siempre estuvieron a la vanguardia en su campo en todos los métodos posibles para hacer de CABOT una producción saludable y amable con las personas. Igualmente se le daba mucho valor al respeto y ha sido su bandera en la expansión internacional, el respeto por las comunidades locales, en la medida de lo posible. Esto está impreso en sus valores y visión como compañía. Tanto su filosofía de trabajo de la familia CABOT, como la experiencia adquirida en su temprana internacionalización, les generaron una conciencia por su trabajo y respeto por las comunidades donde llegase. Esto también formó a Tom y Godfrey Cabot como líderes mundiales en implementación de estándares de seguridad industrial.

En Colombia llega a Cartagena, aprovechando la ubicación de la refinería de Cartagena como principal y casi única fuente de materia prima e instala una planta en el año 1965. Adicionalmente se contaba con la inauguración reciente de ensambladoras de autos de General Motors en Bogotá y fábricas de llantas de Goodyear. Dado que la legislación Colombiana cambió para proteger las inversiones nacionales dentro del llamado Grupo Andino, CABOT Corporation decide vender el 51 % de su acciones a inversionistas Colombianos, para poder tener acceso sin aranceles al mercado Andino. Esto se hizo el 1 de Julio de 1977, al Grupo Grancolombiano. Dicho grupo decide vender su participación en Septiembre de 1985, a raíz de la crisis administrativa que sufrieron ese año. Estas acciones fueron adquiridas por Actividades Químicas, AKI Ltd, lideradas por el Sr. Pablo Vélez, quien participó en la sociedad hasta Mayo de 1987, cuando las vende a Unión de Industrias Químicas. En el año 2000, Unión de Industrias Químicas vende la totalidad de sus acciones a CABOT Corporation, esto se dio cuando un cambio en las regulaciones y mejores perspectivas en la economía y gobiernos locales hicieron atractiva la readquisición de estos bienes por parte de CABOT.

#### Situación Actual:

Cabot Colombiana, la sede de Cabot en Cartagena, tiene una capacidad de producción anual de 60.000 toneladas métricas de negro de humo aproximadamente. Produce con dos líneas de producción, negros de humo reforzantes y semi-reforzantes, usados para aplicaciones pesadas de transporte, el primero principalmente, y para aplicaciones de caucho o complemento para llantas

en el segundo tipo. Por lo anterior, su principal mercado son las empresas de fabricación de llantas, casi en un 80% del total de la producción. El resto se distribuye entre fabricante de accesorios menores de caucho, como recubrimientos y piezas pequeñas y tintes o colorantes para impresiones o para plásticos. Del total se exporta la mayoría, aproximadamente un 80%, principalmente al mercado regional de Latinoamérica y también se exporta a Europa y Asia. Por ende su carácter estratégico y modular dentro del mapa global de la corporación.

### **3 Diseño metodológico**

#### **3.1 Tipo de investigación**

En función del objetivo trazado, que es el de la Caracterización de modelos de ASP, caso sector petroquímico de Cartagena (Cabot colombiana y Ecopetrol refinería de Cartagena), así como el de comparar los modelos de ASP internacionales con los de la industria petroquímica en Cartagena (Tomando como referencia las empresas antes mencionada), la presente investigación estuvo fundamentada en la revisión bibliográfica de diferentes autores relacionados con el proceso investigativo para luego realizar un análisis comparativo.

En este trabajo realizamos un diagnóstico del modelo de ASP de las diferentes empresas del sector petroquímico con los modelos internacionales; con el fin de caracterizar cada uno de estos modelos y encontrar aquellos elementos críticos dentro de un modelo de Gestión de ASP.

Lo anterior lo logramos luego de describir las normas y estándares internacionales, haciendo énfasis en los aspectos más relevantes relacionados a la administración de la seguridad de los procesos y apoyándonos en las buenas prácticas administrativas adoptadas en modelos exitosos de administración de la seguridad de procesos.

Realizamos un análisis comparativo entre estas normas y referentes internacionales con los modelos adoptados en el sector petroquímico de la zona industrial de Mamonal, de las cuales tomamos como referencia a Cabot Colombiana y Ecopetrol. Estos modelos a su vez fueron comparadas entre sí.

Esto nos permitió identificar los elementos críticos para la aplicación de este estilo de Administración en los modelos locales; identificamos las virtudes de modelos analizados para la Administración de los peligros y riesgos en el sector de procesos industriales.

#### **3.2 Administración de Seguridad de Procesos (PSM) y sus Elementos.**

Para comparar los modelos de ASP internacionales con los de la industria petroquímica en Cartagena, hemos realizamos tres tipos de análisis comparativo.

En el primer análisis abordamos una comparación entre las asociaciones, institutos o estándares internacionales de la administración de seguridad de procesos más reconocidas y las

que hemos considerado que han marcado la pauta a través de la historia en diferentes lugares. Para esto hemos escogido a la CCPS, el API RP 750 y la CSChE. El análisis estuvo enfocado en los elementos que integran cada uno de estos modelos y al esquema de administración propuesto por cada uno de ellos. Al final de este análisis comparativo obtuvimos el modelo más completo y que denominamos como el modelo o master y que a su vez lo tomamos como base comparativa para los análisis siguientes.

En el segundo análisis comparativo tomamos como base el estándar más exigente y con mayores ventajas de todos los analizados en el primer estudio comparativo, y por supuesto bajo la óptica de este, realizamos el análisis comparativo entre las agencias gubernamentales y regulaciones internacionales en la administración de la seguridad de procesos propuestas. El análisis estuvo enfocado en los elementos que integran cada uno de estos modelos y al esquema de administración propuesto por cada uno de ellos. Para esto seleccionamos la EPA 40 CFR Parte 68, la OSHA 1910.119, la directiva de Seveso III, la NOM-028 y por supuesto la legislación existente en Colombia como los son el Decreto 1443 DE 2014 y la NTC 5254. Con este segundo análisis comparativo evidenciamos la situación actual de manera general en el que se encuentra la industria Colombiana en el ámbito de Administración de Seguridad de Procesos bajo la suposición que los requisitos mínimos implementados en la industria Colombiana, son los equivalentes a nuestra legislación.

Para El tercer y último análisis comparativo, hicimos una radiografía más específica de la situación en la que se encuentra el sector de refinación, petroquímica e industria de proceso en la zona industrial de Mamonal de Cartagena, pero representada de manera específica en dos empresas. Para esto seleccionamos a Cabot Corporation cuya sede ubicada en Cartagena es Cabot Colombiana y Ecopetrol S.A. Las razones principales para escoger las anteriores compañías son: la madurez obtenida a través del tiempo de una empresa multinacional con sede en cuatro continentes y que a través de la mejora continua producto de la implementación de cambios en sus sistema de Administración de Seguridad de Proceso basado en lecciones aprendidas en cada una de sus sucursales como es el caso de Cabot Colombiana. Y la otra ha sido sin duda por lo que representa ser la empresa más importante y grande del país, que además ocupa la mayor extensión de la zona de mamonal, más los peligros asociados a la operación de una refinería. El análisis estuvo enfocado a los elementos que integran cada uno de estos

modelos y al esquema de administración propuesto por cada uno de ellos bajo la luz del modelo estándar más representativo obtenido en el primer análisis o estándar master.

En la siguiente ilustración podemos observar los diferentes modelos a comparados, las comunidades en las cuales se han desarrollado y la agrupación de los entes en los cuales se desarrolló el análisis comparativo.

**Tabla 3.2-1** Mapa de análisis comparativo a desarrollar en la investigación.

ENTES		Estándares o institutos internacionales de administración de seguridad de procesos.	Agencias gubernamentales y regulaciones internacionales en la administración de seguridad de procesos.	Administración de seguridad de proceso aplicada.
COMUNIDADES	EEUU	CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS) MANAGEMENT OF PROCESS HAZARDS API RP 750	EPA 40 CFR PART 68 OSHA 3132 o 1910.119	CABOT CORPORATION
	CANADA	CSCHE PSM GUIDE 4TH ED.		
	AMERICA LATINA		NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-STPS-2012. MINISTERIO DEL TRABAJO DECRETO NÚMERO 1443 DE 2014. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 5254 GESTIÓN DE RIESGO.	ECOPETROL S.A
	EUROPA		EUROPEAN UNION (SEVESO III)	

## **4 Análisis y resultados**

### **4.1 Administración de Seguridad de Procesos (PSM) Vs Administración de la Seguridad Industrial (HSE)**

Una vez revisado el concepto de ASP o PSM, consideramos pertinente un primer análisis comparativo entre este concepto y el de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional HSE.

Como bien ya lo hemos mencionado, el Gerenciamiento de los modelos de Seguridad de Procesos es una parte del modelo HSE, cuyo objetivo es el de evitar el “cero” accidente relacionado a los peligros de mayor consecuencia que incluso pondrían en riesgo la continuidad del negocio. De ahí la importancia en la toma de decisiones en el modelo a implementar por parte de la Gerencia. Mientras que la Seguridad industrial a la cual se le ha venido llamando HSE está asociada a los peligros “menores” y que son propias de actividades de operativas y de mantenimiento que son realizadas por las personas. En esta última se hace necesario desarrollar una cultura de auto cuidado y velar por el otro.

Generalmente la industria petroquímica, agroquímica, de explotación de crudo y gas, minera y por supuesto la industria de refinación de petróleo son los primeros en implementar un modelo gerencial del riesgo, basado en la Gestión de seguridad de procesos; puesto que es aquí donde la Gerencia se enfrenta a riesgos de explosión, incendios, contaminación ambiental y liberación de productos tóxicos. En países con alta actividad industrial tienen legislaciones que obligan a estas empresas a implementar medidas para garantizar que sus plantas sean operadas y mantenidas de forma segura.

Por otro lado, la Seguridad Industrial popularmente reconocida como HSE, es aplicable para todo tipo de industrias, dado que está asociado a la actividad de la persona y no al riesgo que representa manejar productos altamente peligrosos.

Las técnicas utilizadas para llevar a cabo varios de los elementos de Gestión de la Seguridad de Procesos en algunos casos complejas y variadas; entre las que encontramos gestión y evaluación de riesgos con HAZOP, What if, árbol, la técnica del corbatín, etc; o en el elemento de integridad mecánica que se usa cualquier tipo de técnicas utilizadas en ingeniería de confiabilidad, e incluso las técnicas para realizar las revisiones de seguridad de pre arranque.

Mientras las técnicas aplicadas en los modelos de Seguridad Industrial son muy sencillas y generalmente son las mismas.

#### Beneficios de los Programas PSM vs HSE:

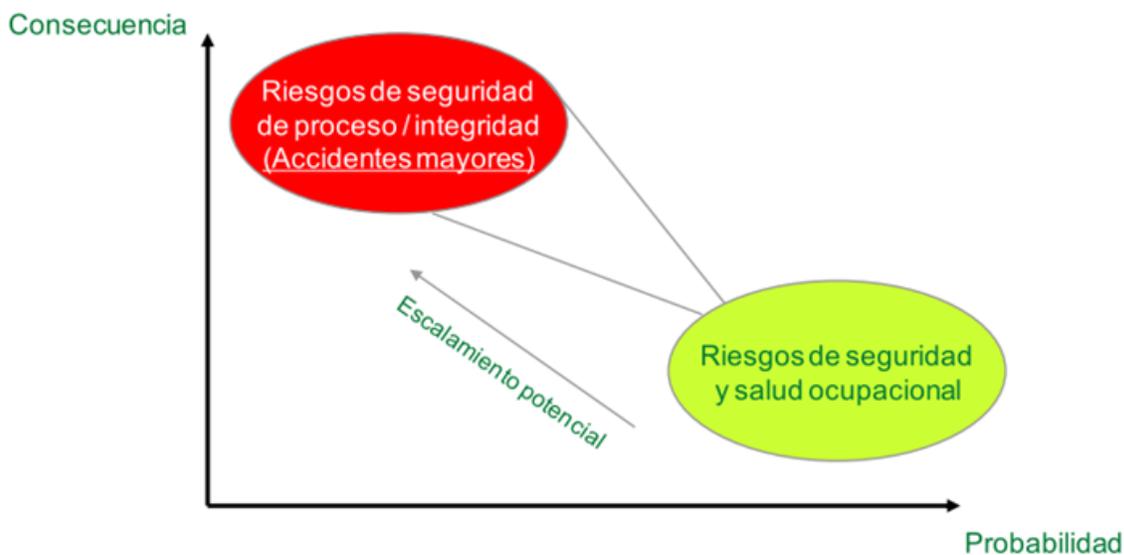
Como ya hemos mencionado, el objetivo fundamental en la Gestión de Seguridad de Procesos (ASP) es desarrollar un sistema basado apoyado en procedimientos para evitar emisiones indeseadas que pudiesen producir impactos de tipo tóxicos, incendios, o explosiones en la industria o empresas cercanas. Además, la Gerencia de Seguridad de Procesos también puede tratar temas relacionados con la Productividad, Estabilidad y Calidad de los procesos productivos, que conllevan a la implementación de algunas salvaguardas aplicadas a evitar eventos no deseables. (Bureau Veritas)

Los modelos de Gestión aplicados a la Seguridad de Procesos abarcan el ciclo de vida de una planta o instalación; con el fin de garantizar que la Alta Gerencia pueda gestionar de manera segura los activos de una compañía, logrando de esta manera operar en niveles aceptables de riesgo.

Por otro lado, el desarrollo de una Cultura de Seguridad Industrial tiene como objetivos principales:

- ✓ Reducir la frecuencia de comportamiento sub estándar.
- ✓ Reducir los accidentes que generen incapacidad.
- ✓ Evitar reproceso.
- ✓ Disminuir ausentismo.
- ✓ Mejorar la productividad y competitividad.
- ✓ Disminuir la accidentalidad.
- ✓ Generar una cultura de autocuidado.

Como podemos observar, son dos disciplinas diferentes y apuntando a un objetivo distinto, pero con similitudes. Además de esto son complementarias y beneficiosas para la industria. Una manera gráfica de interpretar las diferencias es la siguiente:



**Ilustración 4-1,** Diagrama Consecuencia VS Probabilidad en PSM y HSE.

En la ilustración anterior podemos notar una clara diferencia en cuanto al riesgo manejado en cada una de las disciplinas en mención. En cuanto la probabilidad de ocurrencia de accidentes o incidentes, tenemos que son más repetitivos o frecuentes los relacionados a seguridad industrial que los asociados a seguridad de procesos. Es decir, es más frecuente que una persona sufra de atrapamiento en un dedo o mano, caída de un andamio, golpe en la cabeza, torcedura de tobillos, laceración con una herramienta, etc.; a que ocurran contaminaciones de cuerpos de agua, intoxicación por escape de gases tóxicos, explosiones o incendios en plantas de procesos. En conclusión la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de accidentes por HSE son mayores que los de PSM; sin embargo, cuando ocurren estos últimos, las consecuencias pueden ser devastadoras. Por esta razón gráficamente representamos un nivel de consecuencia mayor en los accidentes de PSM. Mientras que la mayor consecuencia de un accidente de HSE pudiera ser una fatalidad o lesiones mayores, el accidente mayor por PSM puede llegar a ser catástrofes, fatalidades colectivas y/o quiebra de cualquier empresa.

Para ahondar en este tema, podemos valernos del concepto dado por Heinrich<sup>42</sup> y plasmado en la famosa pirámide de accidentalidad.

En esta se establece que por cada accidente de trabajo que genera una grave lesión o incluso la muerte, se producen previamente 30 accidentes o lesiones leves y hasta 300 incidentes o

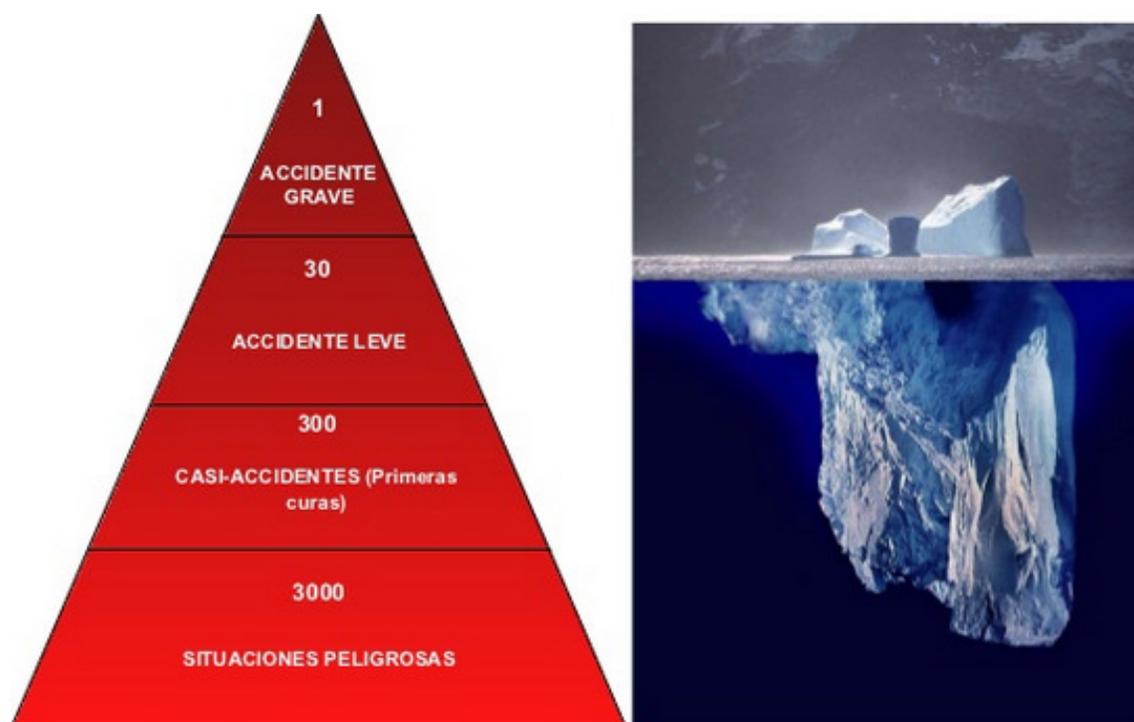
<sup>42</sup> Herbert William Heinrich (1886-1962) fue uno de los pioneros de la seguridad supuestamente científica en los Estados Unidos y uno de los más influyentes expertos del tema durante muchos años.

accidentes sin daños personales. Aunque luego se conoció que tal trabajo no tuvo un soporte científico ni estadístico que demuestre tal afirmación; este se sigue utilizando a nivel mundial y el gran mensaje que nos deja es que si queremos reducir el número de víctimas mortales, debemos también prevenir los incidentes y los accidentes menores puesto que los valores del pico son proporcionales a los números de la base.

Esta teoría de Heinrich fue la base de la investigación realizada por el señor Frank Bird quien luego de desarrollar un estudio más estructurado, basado en el modelo de investigación científica, logra actualizar la teoría anterior y lanza el nuevo concepto.



**Ilustración 4-2,** Pirámide de Accidentalidad de Bird.



**Ilustración 4-3,** Pirámide de Accidentalidad de Heinrich.

Sea cual sea la pirámide de accidentalidad o sea cual sea la disciplina que estemos estudiando (PSM o HSE), aquí lo importante es el modelo de gestión preventivo que se debe desarrollar. En las ilustraciones anteriores podemos observar el símil hecho entre la pirámide de accidentalidad y un iceberg. En donde se concluye que los esfuerzos de administración y gestión deben ser enfocados en base de la pirámide para evitar la materialización del peligro. Es decir, entre menor sea la base del iceberg menores serán las consecuencias.

En conclusión, el gerenciamiento de los modelos PSM y HSE debe estar enfocado a prevenir y no remediar.

A pesar de lo anteriormente expuesto, si existe una gran diferencia. Esta radica en las consecuencias de la ocurrencia en cada uno de los estados de esta pirámide. En la siguiente ilustración se puede observar con mayor detalle:



**Ilustración 4-4,** Diagrama Consecuencia VS Probabilidad en PSM y HSE.

La causa de la generación de incidentes o accidentes de Seguridad de Procesos e Industrial ocurre por la desviación de los estándares y procedimientos de trabajo u operación; ya sea por

errores, actos inseguros o violaciones de la norma. Este punto común genera consecuencias diferenciadas.

Según la pirámide de accidentalidad en HSE; se pudiesen generar accidentes sin lesiones, casi accidentes o condiciones inseguras como eventos precursores. También se pudieran generar lesiones menores o en el peor de los casos una lesión mayor (invalidez) e incluso una fatalidad.

En cambio, por el lado de PSM; se pueden generar eventos precursores tales como: fugas, fallas en equipos críticos, violación a ventanas operativas, fallas de control, etc. En un nivel más grave se pudieran generar pérdidas de contención significativa, incendios, explosiones, liberaciones tóxicas y por último una catástrofe.

## 4.2 Análisis comparativo entre estándares

### 4.2.1 Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).

La CCPS es la autoridad PSM en todo el mundo que reúne a fabricantes, organismos gubernamentales, consultores, académicos y aseguradoras para liderar el camino en la mejora de la seguridad del proceso industrial. Las empresas que hacen parte del CCPS, trabajan en proyectos, definiendo y desarrollando aplicaciones prácticas para la industria. Los proyectos en todas las áreas hacen foco importante en la industria y van desde cuestiones relacionadas a factores humanos hasta el análisis cualitativo y cuantitativo de los riesgos de vulnerabilidad de la seguridad de diseño inherentemente seguro. Con más de 100 publicaciones hasta la fecha, CCPS se mantiene a la vanguardia en temas relacionados con Seguridad de Procesos. Muchas de estas publicaciones realizadas por este Centro, son la base para la creación de otras normativas.

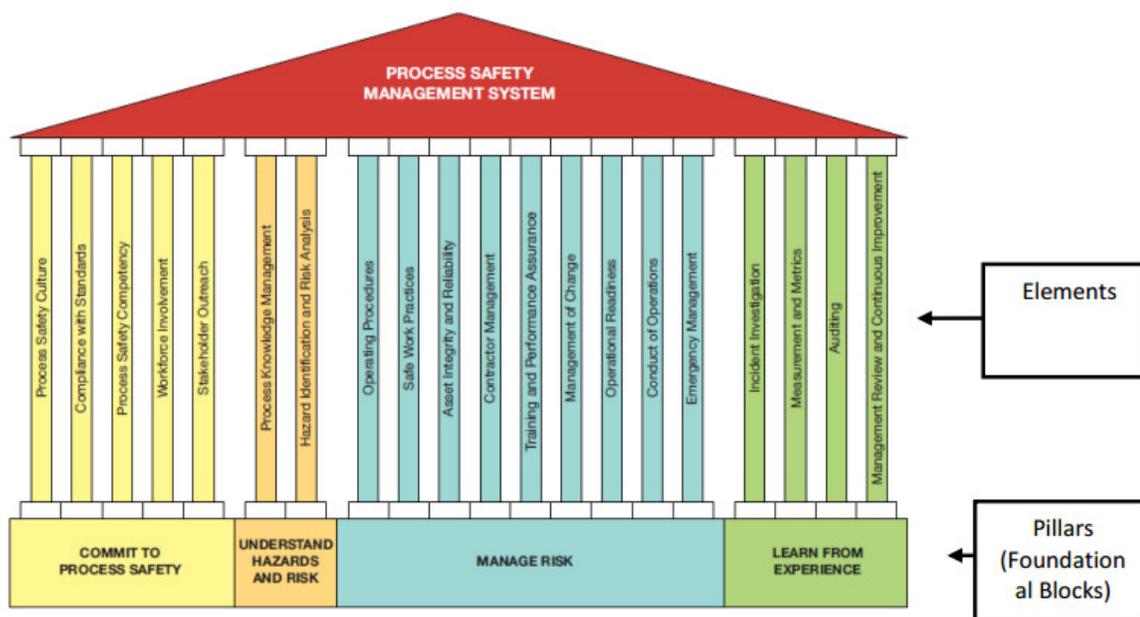
Yéndonos un poco al pasado y más exactamente luego de lo ocurrido en el accidente en Bhopal, India; los líderes mundiales de la industria química le cuestionaron a AIChE como liderar un esfuerzo de mancomunado para eliminar los accidentes catastróficos de proceso mediante la promoción de la seguridad de los procesos como un valor clave de la industria. Y así comenzó la respuesta de la industria a este evento trágico.

El 25 de marzo de 1985, AIChE formó el Centro de Seguridad Química de Procesos con diecisiete empresas. CCPS se estableció rápidamente al publicar su primer libro guía de seguridad de procesos, las directrices para los procedimientos de evaluación de peligros, y en 1990, se publicaron más de una docena de libros Guías. En estas publicaciones iniciales, CCPS primero codificó los elementos críticos de la seguridad del proceso y proporcionó herramientas clave para mejorar continuamente los programas de seguridad de proceso. Los talleres dirigidos y las conferencias internacionales proporcionaron oportunidades para el aprendizaje común y discusiones con respecto a la seguridad de los procesos y a la exploración de nuevas ideas y desarrollos importantes relevantes para la industria química.

Hoy en día existen más de 100 miembros que hacen parte de la CCPS, incluyendo la mayoría de los principales productores de productos químicos, petróleo y empresas de fabricación de productos farmacéuticos alrededor de todo el mundo.

Con el fin de proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente, CCPS se ha comprometido a ofrecer el mejor conocimiento de seguridad de procesos y prácticas a la industria, la academia, el gobierno y el público de todo el mundo a través de la sabiduría colectiva, herramientas, capacitación y experiencia. Los cuatro pilares y los veinte elementos de la seguridad basada en el riesgo del proceso, pueden ser diseñados e implementados a diferentes niveles de rigor para optimizar la gestión de la seguridad del proceso, el rendimiento, la eficiencia y la eficacia. Los cuatro pilares son:

- ✓ Compromiso con la seguridad de procesos.
- ✓ Entendimiento de los Peligros y Riesgos.
- ✓ Gerenciamiento del riesgo.
- ✓ Lecciones aprendidas.



**Ilustración 4-5,** Esquema de los cuatro pilares y 20 elementos según la CCPS en su modelo RBPS<sup>43</sup>.

El Primer Pilar es el **compromiso con la seguridad de procesos**. Este es la piedra angular de la excelencia en seguridad de procesos. El compromiso de la dirección no tiene sustituto y es absolutamente necesario para que estos programas tengan éxito; ya que las organizaciones generalmente no mejoran sin un fuerte liderazgo y compromiso sólido. Además toda la organización debe hacer el mismo esfuerzo y compromiso. Un equipo de trabajo convencido que

<sup>43</sup> Risk Based Process Safety.

la organización apoya plenamente la seguridad como un valor central se verá obligado a hacer las cosas bien, de la manera correcta y en el momento adecuado. Este comportamiento debe ser alimentado constantemente, y destacado en toda la organización. Una vez interiorizada la cultura de la empresa, este compromiso con la seguridad de procesos puede ayudar a mantener el enfoque en la excelencia en los aspectos más técnicos de la seguridad de proceso. Los elementos que apoyan este pilar son:

- 1) Cultura de seguridad de procesos.
- 2) Cumplimiento con los estándares.
- 3) Competencia en seguridad de procesos.
- 4) Participación de los empleados.
- 5) Divulgación a las partes interesadas.

El segundo pilar se refiere a que las organizaciones **entiendan los peligros y los riesgos** de sus procesos en sus instalaciones, y de esta manera sean capaces de asignar los recursos apropiados de una manera más eficaz. La experiencia en la industria ha demostrado que las empresas que utilizan información sobre los peligros y riesgos para planificar, desarrollar e implementar los planes, disfrutan de una operación con bajo riesgo a largo plazo. Los elementos que apoyan este pilar son:

- 6) Gerenciamiento del conocimiento de proceso.
- 7) Identificación de peligros y análisis de riesgos.

El tercer Pilar trata de la **Gestión de riesgos** y se centra en tres temas:

- ✓ Una actitud prudentemente al riesgo en los procesos de operación y mantenimiento.
- ✓ La gestión de cambios en los procesos para asegurar que el riesgo remanente es tolerable.
- ✓ La preparación para, la respuesta y la gestión de los incidentes que se puedan generar.

Los elementos que apoyan este pilar son:

- 8) Procedimientos operacionales.
- 9) Práctica de trabajo seguro.
- 10) Integridad y confiabilidad de los activos.

- 11) Gestión de contratistas.
- 12) Entrenamiento y aseguramiento del desempeño.
- 13) Manejo del cambio.
- 14) Disponibilidad operacional.
- 15) Conducta de operaciones.
- 16) Manejo de emergencias.

El cuarto y último pilar **Aprender de la experiencia** consiste en el monitoreo, y actuar sobre, fuentes internas y externas de información. A pesar de los mejores esfuerzos de una empresa, las operaciones no siempre avanzan según lo previsto, por lo que las organizaciones deben estar dispuestas a convertir sus errores y los de los demás en oportunidades para mejorar los esfuerzos de seguridad de los procesos. Las formas más rentables para aprender de la experiencia son:

- ✓ Aplicar las mejores prácticas para hacer el uso más eficaz de los recursos disponibles.
- ✓ Corregir las deficiencias expuestas por los incidentes internos y casi accidentes.
- ✓ Aplicar las lecciones aprendidas de otras organizaciones.

Además de reconocer estas oportunidades para mejorar la gestión de riesgos, las empresas también deben desarrollar una cultura y la infraestructura que ayude a recordar las lecciones y aplicarlas en el futuro. Las métricas se pueden utilizar para proporcionar información oportuna sobre el funcionamiento de los sistemas de gestión de las prácticas comerciales restrictivas y revisión por la dirección, una autoevaluación periódica, ayuda a sostener la mejora del rendimiento y la unidad existente en las áreas consideradas importantes por la dirección.

Los elementos que apoya este pilar son:

- 17) Investigación de incidentes.
- 18) Métricas y mediciones.
- 19) Auditorias.
- 20) Revisión de la gestión y mejora continua.

Centrándose en estos cuatro bloques fundamentales debería permitir a una organización mejorar su eficacia en seguridad de los procesos, reducir la frecuencia y gravedad de los incidentes, y mejorar su seguridad a largo plazo, el medio ambiente y el rendimiento del negocio.

Este enfoque basado en el riesgo ayuda a evitar lagunas, incoherencias, y el exceso de trabajo, el trabajo insuficiente, y re trabajo que puede conducir a fallo del sistema. Para trabajar con mayor eficacia la gestión de la seguridad del proceso, las empresas deben integrar estas prácticas con otros sistemas de gestión, tales como los de la calidad del producto, confiabilidad humana y de los activos, la seguridad y salud ocupacional, protección del medio ambiente y la seguridad física. (CCPS)

#### **4.2.1 Gestión de Peligros de los Proceso (RP 750).**

RP 750 cubre la gestión de riesgos de proceso de hidrocarburos en el diseño, construcción, puesta en marcha, operación, inspección, mantenimiento y modificaciones de las instalaciones. Se aplica específicamente a las refinerías, plantas petroquímicas y las principales instalaciones de procesamiento que utilizan, producen, procesan o almacenan líquidos inflamables y productos químicos de procesamiento tóxicos en cantidades superiores a ciertas cantidades peligrosas (como se define en el mismo).

#### **4.2.2 Gestión de Seguridad de los procesos según CSChE<sup>44</sup>.**

Con la disolución del Consejo de Accidentes Industriales Importantes del Canadá (MIACC<sup>45</sup>) en el otoño de 1999, quedó un vacío en la promoción de PSM en Canadá. Este vacío fue llenado por el CSChE a través de sus programas técnicos, talleres y conferencias, y proporcionando un foro para los ingenieros químicos y otros profesionales para estudiar y avanzar en temas de Administración de seguridad de procesos en Canadá. La Asociación Canadiense de Ingeniería Química que es una red nacional de voluntarios con un interés particular en el campo de la Gestión de Seguridad Procesos, optó por sacar una subdivisión de Gestión de Seguridad de Procesos Asunto (PSM). La división del PSM del CSChE, que se alinea con los esfuerzos de los CIAC ha realizado varias publicaciones y herramientas útiles con el objetivo de reducir la probabilidad y las consecuencias de los incidentes relacionados con el proceso y mejorar el rendimiento a través de la comprensión y aplicación de PSM. La CSChE ha emitido un

---

<sup>44</sup> Por sus siglas en inglés: Canadian Society for Chemical Engineering. La Sociedad Canadiense de Ingeniería Química es una asociación técnica nacional que representa el campo de la ingeniería química y los intereses de Ingenieros Químicos de la industria, la academia y el gobierno. Constituida en 1966, y en la actualidad más de 1.100 miembros.

<sup>45</sup> Major Industrial Accidents Council of Canada.

documento llamado “Process Safety Management Guide 4th Edition” cuyo propósito es el de proporcionar una visión general de la administración de la seguridad de los procesos y además el de brindar una breve introducción al estándar de PSM propuesto por esta asociación. Ese documento al igual que los anteriores, está dirigido a las empresas que manipulan materiales peligrosos, pero el enfoque del PSM también es válido para otras ramas de la ingeniería, la ciencia y los campos técnicos. Como ya lo hemos mencionado, PSM fue desarrollado después de las lecciones de varios accidentes importantes que mostraron que tales eventos pueden ser difíciles de evitar mediante el enfoque tradicional de la seguridad y salud ocupacional, lo que tiende a centrarse en la interfaz entre el operador individual y el equipo o proceso. Muchas de las decisiones claves que conducen a graves acontecimientos no planificados, están más allá del control del operador o incluso del gerenciamiento general. Un control efectivo, exige una revisión mucho más amplia del proceso, incluidos los equipos, procedimiento y los factores organizacionales, junto con un sistema de gestión para asegurar que todos los riesgos que se han identificados se gestionen adecuadamente durante toda la vida del proceso, independientemente de los cambios en el personal organización o entorno operativo.



**Ilustración 4-6,** Logo de las 04 divisiones de la CIC.

La guía PSM de CSCChE no sustituye a la salud y la seguridad tradicional, pero se basa en ella para dar información adicional sobre cómo se desarrollan los riesgos y cómo pueden evitarse o controlarse. El alcance entonces es el de la aplicación de los principios y sistemas de gestión para la identificación, comprensión y control de los riesgos de proceso para prevenir lesiones e incidentes relacionados con el proceso. Los elementos están orientados a trabajar en conjunto con los programas tradicionales de seguridad y salud ocupacional y las legislaciones gubernamentales aplicables. (CSCChE, 2015). Los elementos de seguridad de procesos que maneja esta guía son básicamente los siguientes:

1. Rendición de cuentas: Objetivos y metas.

2. Proceso de conocimiento y documentación.
3. Revisión y diseño de procedimientos de proyectos de capital.
4. Gerenciamiento del riesgo de los procesos.
5. Manejo del cambio.
6. Integridad de equipos y procesos.
7. Factores humanos.
8. Entrenamiento y desempeño.
9. Investigación de incidentes.
10. Estándares de la compañía, códigos y regulaciones.
11. Auditorias y acciones correctivas.
12. Mejoras del conocimiento de seguridad de procesos.

### 4.2.3 Análisis de Resultados.

**Tabla 4.2-7** Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos.

CCPS	CSCHE PSM Guide 4th Ed.	Management of Process Hazards API RP 750
<b>Compromiso con la seguridad de procesos.</b>		
Cultura de seguridad de procesos.	1. Rendición de cuentas: Objetivos y metas.	
Cumplimiento con los estándares.	10. Estándares de la compañía, códigos y regulaciones.	
Competencia en ASP.		
Participación de los empleados.		
Divulgación a las partes interesadas.		
<b>Entendimiento de los Peligros y Riesgos</b>		
Gerenciamiento del conocimiento de proceso.	2. Proceso de conocimiento y documentación.	1. Información de Seguridad de Procesos.
Identificación de peligros y análisis de riesgos.	4. Gerenciamiento del riesgo de los procesos. 7. Factores humanos.	2. Análisis de Riesgos de Procesos
<b>Gerenciamiento del riesgo.</b>		
Procedimientos operacionales.	6. Integridad de equipos y procesos.	4. Procedimientos operativos
Practica de trabajo seguro.	3. Revisión y diseño de procedimientos de proyectos.	4. Procedimientos operativos 5. Prácticas de trabajo seguro
Integridad y confiabilidad de los activos.	6. Integridad de equipos y procesos.	7. Aseguramiento de calidad e integridad mecánica.
Gestión de contratistas.		
Entrenamiento y aseguramiento del desempeño.	8. Entrenamiento y desempeño.	6. Entrenamiento
Manejo del cambio.	5. Manejo del cambio.	3. Manejo del cambio
Disponibilidad operacional.	3. Revisión y diseño de procedimientos de proyectos.	8. Revisión de seguridad de pre arranque
Conducta de operaciones.		
Manejo de emergencias.	4. Gerenciamiento del riesgo de los procesos	9. Respuesta y control de emergencias
<b>Lecciones aprendidas.</b>		
Investigación de incidentes.	9. Investigación de incidentes.	10. Investigación de incidentes
Métricas y mediciones.		
Auditorías.	11. Auditorías y acciones correctivas.	11. Auditorías a sistemas de gestión de procesos peligrosos
Revisión de la gestión y mejora continua.	12. Mejoras del conocimiento de seguridad de procesos.	

Para iniciar con el análisis comparativo entre los tres estándares relacionados en la tabla anterior, debemos comenzar por decir que mientras la CSChE y API soportan su modelo de ASP sobre 12 y 11 elementos respectivamente, la CCPS los hace sobre 20 elementos y agrupados en 4 pilares. Y es precisamente en el primer pilar donde la CCPS apoya toda su gestión y apalanca toda su estrategia de implementación del modelo ASP. En proyectos de implementación de modelos de gestión tales como (gestión de activo, gestión de calidad, gestión ambiental, etc) se hace vital cambiar la cultura organizacional; y para lograrlo se necesita un convencimiento y apoyo incondicional al proyecto; donde el primer cambio lo debe experimentar la alta gerencia. Por tal razón para poder llevar una organización a una cultura de seguridad de procesos, se debe plantear la estrategia de cambio cultural. El API en su afán de realizar una publicación y manifestarse respecto al tema de ASP, propone la práctica sin mencionar la importancia del compromiso de la gerencia, mientras que el CSChE refleja este compromiso en su primer elemento “rendición de cuentas, objetivos y metas”.

Yendo al primer elemento de la CCPS, nos encontramos con la cultura de seguridad de proceso; que no es más que un grupo de valores y comportamientos que determinan como desarrollo la ASP. API tampoco contempla este elemento, mientras que la CSChE se concentra en lograr la eficacia de los planes ASP en todos los niveles de la organización. Tanto es así que para el logro de estos objetivos se debe garantizar los recursos necesarios y su seguimiento es tal que es comparable con otros objetivos del negocio tales como los de producción o los de costes. Es muy importante resaltar que la CCPS en este elemento propone tres puntos muy importantes:

- ✓ Asegurar la practica; no es más que buscar que el modelo de Administración ASP sea confiable, sistemático y se convierta en modo de vivir. Cuando el modelo no dependa de ciertas personas para mantenerlo operativo, se puede afirmar que la practica ha sido asegurada.
- ✓ Mantener el sentido de la vulnerabilidad, ser consciente en todos los niveles y departamentos que basta solo un incidente de seguridad de procesos para acabar con la continuidad del negocio.
- ✓ Seguimiento, control y cumplimiento de indicadores de ASP.

El segundo elemento del análisis aporta dos lineamientos culturales claros dentro de la organización:

- a) Por una lado los códigos o las regulaciones externas tales como regulaciones ambientales, de salud ocupacional, eléctricas, etc. y estándares de la industria como el NFPA, ASTM, ASME, API, etc.
- b) Y por el otro lado los estándares internos y propios de la empresa; es decir, el cómo hacer las cosas basado en lecciones aprendidas. Las prácticas establecidas, procedimientos corporativos y RAGAGEP<sup>46</sup>, pueden ser un ejemplo de ello.

La CCPS y el CSChE coinciden en tener un elemento dentro de su modelo de administración de ASP que resalte lineamiento de cómo realizar una actividad. Y si bien el API 750 no lo menciona, este finalmente es una de las asociaciones más reconocidas por su espíritu de estandarización de las prácticas. Lo que queremos resaltar de este punto es la importancia de establecer estos márgenes y estandarizar procesos.

Para complementar el análisis comparativo del primer pilar **Compromiso con la seguridad de procesos** tenemos que los siguientes tres elementos (competencia en seguridad de procesos, participación de los empleados y divulgación a las partes interesadas) solo son propuestos por la CCPS. Consideramos que aunque son elementos importantes; no son indispensables dado que pueden ser apalancados por la misma política administrativa de ASP. Sin embargo hemos encontrado que en modelos internacionales una práctica raramente utilizada es el de la rotación del personal en el departamento ASP con el fin de lograr la competencia en este tema y luego ser un catalizador en la gestión de este modelo Administrativo.

En el segundo pilar todos los estándares coinciden en tener un par de elementos que cubren esta necesidad. Y es apenas obvio que para poder poner en práctica un modelo de Gestión como lo es el de Administración de seguridad de procesos, se debe tener en primera instancia una base de datos que consolide toda la información del proceso (hojas de datos, información del producto, diagramas de flujo, especificaciones de los activos, etc) y que esté actualizada a tiempo real para que permita a la gerencia tomar decisiones en la operación. Con una base de datos solidas entramos a la Administración del riesgo como tal. En este punto, los tres estándares

---

<sup>46</sup> En ingles Recognized and generally accepted good engineering practices.

analizados apelan al mismo elemento que es el Gerenciamiento del riesgo; y que además termina por ser el elemento “corazón del modelo de Administración de seguridad de procesos” puesto que es aquí donde se identifican, analizan, cuantifica, mitigan los riesgos de la compañía desde el punto de vista ASP y donde además se hace seguimiento de la efectividad de los planes de mitigación. Este proceso es comúnmente denominado PHA<sup>47</sup>. En el capítulo 4.4 hablaremos de los modelos existentes de PHA y en el 4.5 destacaremos los modelos de PHA utilizados por el sector industrial estudiado.

Entrando al tercer pilar nos encontramos con la esencia operativa de todo modelo de Administración de seguridad de procesos. Entre los elementos en común que destacan los tres modelos analizados podemos resaltar el “procedimientos operacionales”; que es el elemento que asegura la estandarización en la realización de las tareas y actividades tanto de la operación como el de mantenimiento. Para lograrlo es absolutamente necesario describir de manera escrita todos los procedimientos relacionado a los procesos que se llevan a cabo dentro de la organización. Este elemento va de la mano con otros sistemas de gestión como lo es la ISO 9000. El beneficio que brinda este elemento es la minimización de errores que pueden conducir a un accidente de seguridad de procesos.

Otro elemento de tercer pilar y que es coincidente de los tres modelos es el de “integridad mecánica y aseguramiento de la calidad”. En este elemento lo que se busca es garantizar un buen diseño, construcción e instalación de un activo para que este realice el trabajo de contener o mitigar (depende de su objetivo) el escape de sustancias peligrosas que puedan generar un accidente de seguridad de procesos. Aunque en su forma sea muy similar, en el fondo este elemento difiere en cada uno de los modelos; sobre todo en la definición de activos y sistemas críticos por ASP. Este análisis puede ser desarrollado en otra investigación.

El elemento “Disponibilidad operacional” o Revisión de seguridad de Pre arranque es considerado como un elemento de punto de control; es decir, es con este elemento con el cual se hace seguimiento a otros. Tal es el caso de Gerenciamiento del cambio o aseguramiento de la calidad. El Gerente tiene en este elemento la herramienta de control, para evitar introducir riesgos adicionales a sus instalaciones, y aunque es un elemento que para muchos

---

<sup>47</sup> Por sus siglas en inglés process Hazard Analsis o Análisis de Riesgos de Procesos.

administradores “introduce” un tiempo muerto de la planta fuera de servicio, también es cierto que con él se disminuye la probabilidad de ocurrencia de un accidente por seguridad de procesos en un arranque de planta. La Alta Gerencia nuevamente y en compañía de las Gerencias medias, se enfrenta a la decisión de mitigar los riesgos para un arranque seguro o proceder a iniciar la operación sin revisar. Este elemento solo aplica cuando se introducen modificaciones en las instalaciones, se realizan nuevas instalaciones o se inicia una operación luego de un largo periodo de tiempo con las instalaciones paradas. Dada su importancia podemos evidenciar que en los tres estándares analizados, el elemento es considerado aunque desarrollado de una manera más profunda por la CCPS y CSChE.

El último elemento que queremos destacar por su gran relevancia es el PRE<sup>48</sup>. Los tres modelos lo contempla porque es una barrera técnico administrativa que cobra importancia cuando se materializa el peligro. Sin embargo mientras que la CSChE pierde foco en este elemento y API redirige esta temática a otros estándares, es la CCPS quien le da mayor claridad a este tema proponiendo el desarrollo de:

- a) Planes de emergencia.
- b) Recursos para la puesta en marcha del plan.
- c) Practicas continuas para el mejoramiento del plan.
- d) Entrenamiento de brigadas, contratistas y vecinos sobre el cómo ejecutar el plan, como notificar y reportar la emergencia.
- e) Plan de comunicaciones a los interesados del evento ocurrido.

A pesar de las anteriores coincidencias; tenemos dos elementos propuestos por la CCPS de manera exclusiva y que ni CSChE ni API lo mencionan. Estos elementos son “Gestión de contratistas” y “Conducta de operaciones”. He aquí una de las principales falencias de la CSChE y API, puesto los servicios contratados pueden introducir nuevos riesgos operativos en las instalaciones puesto que no está familiarizado con el proceso y todas las empresas generalmente usan este tipo de servicios para complementar su operación. Este elemento aborda la selección, adquisición, utilización y controles de los servicios contratados. La otra gran debilidad que tienen API y CSChE frente al modelo de ASP de la CCPS es la “Conducta Operacional” popularmente denominada "disciplina operativa" que está estrechamente ligada a la cultura de

---

<sup>48</sup> Prevención y respuesta de emergencia

una organización. La realización de la operación institucionaliza la búsqueda de la excelencia en el desempeño de todas las tareas y minimiza las variaciones en el rendimiento. Los trabajadores de todos los niveles deben llevar a cabo sus funciones con total alerta, un criterio adecuado, elevado conocimiento, buen juicio y por supuesto un sentido de responsabilidad.

En cuanto al último pilar “Lecciones Aprendidas” la tendencia no varía. La CCPS aborda con más elementos este pilar que los otros dos estándares. La investigación de incidentes es el primer elemento en común y no es más que el proceso para la presentación de informes, seguimiento e investigación de incidentes que incluyen:

- a) Un proceso formal para la investigación de incidentes, incluyendo el equipo de la investigación, la realización, la documentación y el seguimiento de las investigaciones de incidentes de seguridad de procesos y
- b) La tendencia del incidente y los datos de investigación de incidentes para identificar incidentes recurrentes. Este proceso también gestiona la solución y la documentación de las recomendaciones generadas por las investigaciones.

Finamente la mejora continua del sistema es tomada en cuenta en todos los modelos como cualquier modelo Administrativo o de Gestión. Algunos con más o menos elementos, lo importante es completar el ciclo PHVA. La CCPS cierra este pilar con los elementos “métricas y mediciones”, “auditorías”, “revisión de la gestión y mejora continua”. Tanto las auditorías como la revisión de la gestión y mejora continua son muy comunes en los modelos de Gestión de ASP; lo que si no es común y es donde precisamente la CCPS y API ofrecen una gran ventaja, es en el elemento de “métricas y mediciones”. Tanto es así que CCPS lanza dos publicaciones “Guidelines for Process Safety Metrics” y “Process Safety Leading Indicators Survey” donde básicamente resume la importancia de este elemento con la frase “lo que no mides no lo conoces” por tal razón es imposible mejorar. Por otro lado el API un su práctica recomendada #754 (Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries) ofrece indicadores del sistema de Gestión de ASP pero muy orientado a la industria de refinación y petroquímica.

Podemos concluir que el modelo de Gestión ASP establecido por la CCPS es más completo y su implementación depende del tipo de industria, tamaño de la compañía y cultura

organizacional. Este modelo de gestión fue base para el desarrollo de otros estándares como el mismo CSChE y el API 750. Sin embargo cabe resaltar que este último ha desarrollado varias prácticas recomendadas frente al tema de Administración e seguridad e los procesos.

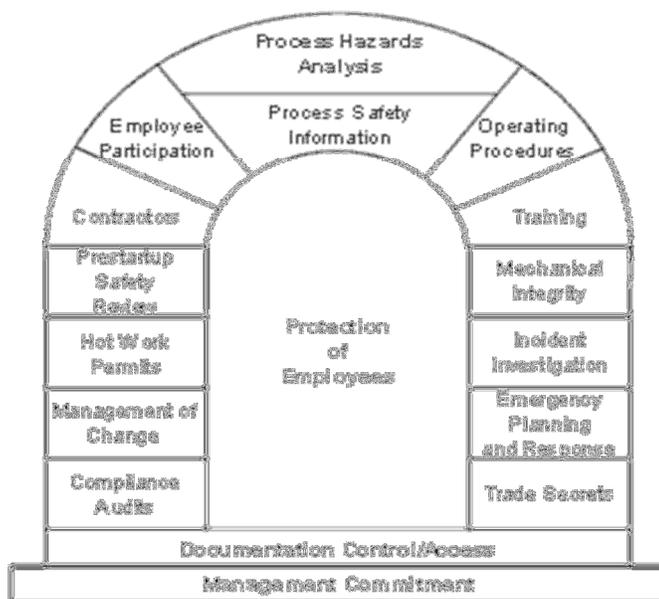
Para los siguientes análisis tomaremos de base el estándar de la CCPS y compararemos las normativas y regulaciones a la luz de este estándar. De manera similar se hará en el análisis que realizaremos con los modelos del sector industrial de mamonal.

### 4.3 Análisis comparativo entre normativas

En este capítulo caracterizaremos de forma resumida las dos regulaciones aplicadas a nivel mundial y que han tenido más éxito sobre todo en los dos continentes con mayor consciencia en cuanto la aplicación de la Administración sobre la seguridad de los procesos. OSHA y SEVESO han sido las más influyentes y exitosa, pero no desconoceremos una normativa de la cual hablamos en el marco teórico como es la NOM28 de México. Este capítulo nos aportará una visión importante sobre la caracterización de la normativa Colombiana que actualmente legisla sobre el sector industrial de Cartagena.

#### 4.3.1 Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), Administración de procesos de productos químicos altamente peligrosos y Sustancias Explosivas Regulación - 29 CFR 191 0.119.

OSHA en 1992 emitió la norma 29 CFR 1910.119 de Gestión de seguridad de procesos químicos altamente peligrosos. El Propósito de esta regulación es el de suministrar los requisitos para prevenir o minimizar las consecuencias catastróficas producidas por escapes de sustancias químicas tóxicas, reactivas, inflamables o explosivas. Y básicamente aplica a procesos que contienen productos químicos en ciertas cantidades establecidas en uno de los apéndices de esa normativa.



**Ilustración 4-8,** Modelo PSM de OSHA.

Para lograr el cumplimiento, el programa de PSM de OSHA con sus elementos se ha convertido en la base para la reglamentación y programas de PSM en todo el mundo. Los objetivos propuestos para la Gerencia son básicamente:

- Responsabilidades de la Gerencia.
- Identificación, control y Gerenciamiento de los peligros de los proceso.
- Conocimiento, control y Gerenciamiento de la operación.
- Aprendizaje de los accidentes ocurridos.

Los Elementos clave de OSHA 1910.119 son:

**Participación de los empleados.** Este elemento requiere que la Gerencia involucre a los empleados en un nivel elemental del programa PSM. Los requisitos mínimos para un Programa de PSM deben incluir un plan escrito de acción para la implementación que sirva de consulta para los trabajadores en el desarrollo de análisis de riesgos de proceso y de otros elementos de la gestión de riesgos de proceso. La Gerencia también debe proporcionar un acceso rápido a toda la información requerida para que sea desarrollado bajo el estándar.

**Información de seguridad de Procesos.** La intención de la información de seguridad de proceso es proporcionar información completa y precisa sobre el proceso productivo, que es esencial para un programa eficaz de gestión de seguridad de procesos y para la realización de análisis de riesgos de proceso. Las Gerencia de proyectos, de procesos, de operaciones y de mantenimiento están obligadas a mantener actualizada la información de seguridad de proceso sobre los productos químicos utilizado en el proceso, tecnología de procesos y equipos de proceso antes de realizar cualquier análisis de riesgos del mismo.

**Análisis de Seguridad de Procesos.** La intención de este elemento es exigir a la Gerencia desarrollar un enfoque completo, ordenado y sistemático para la identificación, evaluación y control de los procesos relacionados con productos químicos altamente peligrosos. Los requisitos mínimos son:

- ✓ Establecer un orden de prioridad y realizar el análisis de acuerdo con el programa requerido;
- ✓ Usar una metodología adecuada para determinar y evaluar los riesgos del proceso;

- ✓ Abordar los riesgos de proceso, los incidentes anteriores con potencial catastrófico, la ingeniería y los controles administrativos aplicables a los riesgos, consecuencias de la falta de controles, emplazamiento instalación, factores humanos, y una evaluación cualitativa de los posibles efectos de seguridad y salud de la insuficiencia en los controles sobre los empleados ;
- ✓ La realización de estos PHA<sup>49</sup> debe ser gestionada por un equipo con experiencia, de la Gerencia de operaciones y Gerencia de ingeniería de procesos;
- ✓ La Gerencia tendrá que establecer un sistema para atender con prontitud las conclusiones y recomendaciones, asegurar que las recomendaciones se resuelvan y documenten, que las acciones tomadas se documenten, desarrollar un plan escrito para completar las acciones y comunicar las acciones a los empleados que trabajan en el proceso o que puede ser afectados por estas acciones;
- ✓ La Gerencia de ingeniería de procesos es la encargada de actualizar los Análisis de Riesgos, revalidándolos por lo menos cada 5 años.

**Procedimientos Operativos.** La Gerencia de operaciones liderará la estandarización de las operaciones para mitigar cualquier incidente de seguridad de procesos. La idea es proporcionar instrucciones claras para la ejecución de las actividades operacionales siendo consistentes con la información de seguridad de proceso. Los procedimientos operativos deben abordar por pasos cada fase de funcionamiento, límites de operación, las consideraciones de seguridad y salud, y los sistemas de seguridad y sus funciones.

**Entrenamiento.** La capacitación ayuda a los empleados y los empleados de los contratistas a entender la naturaleza y las causas de los problemas derivados de las operaciones de proceso, y aumenta la conciencia de los empleados con respecto a los riesgos particulares a un proceso. Un programa de formación eficaz liderado por la Gerencia de recursos humanos, reduce significativamente el número y la gravedad de los incidentes derivados de las operaciones de proceso.

**Gestión de Contratistas.** La intención es exigir a la Gerencia de los contratistas que son utilizados para realizar trabajos alrededor de los procesos químicos, que establezcan

---

<sup>49</sup> Process Hazard Analisis.

procedimientos para que cumplan sus tareas, sin comprometer la seguridad y la salud de los empleados en una instalación. La Gerencia de toda empresa contratista debe asegurar que sus empleados conozcan los peligros relacionados con el trabajo, que estén capacitados para realizar el trabajo con seguridad, y que conozcan el plan de emergencia que se aplicaría ante cualquier incidente que pueda ocurrir.

**Revisión de Seguridad Pre-Arranque.** Este elemento está enfocado a la dirección de las revisiones previas al arranque en las nuevas instalaciones y las instalaciones que han sido modificadas. La Gerencia General se apoyará en la Gerencia Técnica para llevar a cabo las revisiones de seguridad de pre arranque, donde se confirmará que: la construcción y los equipos estén en conformidad con las especificaciones de diseño; que los procedimientos de seguridad, operación, mantenimiento y emergencia estén en su lugar, que se hayan realizado los PHA's respectivos y que sus recomendaciones se hayan implementado; además que las modificaciones cumplan con los requisitos de gestión del cambio; y que la formación de cada empleado involucrado en el proceso se haya completado.

**Integridad Mecánica.** Este elemento busca garantizar la función de contención de fluidos peligrosos o energía y que los equipos o sistemas se encuentren aptos para el servicio que demanda cada aplicación. Los elementos de un programa de integridad mecánica deben ser gestionados por la Gerencia técnica e incluyen la identificación y clasificación de los equipos críticos, desarrollo de procedimientos de mantenimiento escritos, entrenamiento en tareas de mantenimiento, proceso de inspección y pruebas, corrección de deficiencias en los equipos que se encuentran fuera de ventanas operativas, y el desarrollo de un programa de aseguramiento de la calidad.

**Permiso de Trabajo en Caliente.** La Gerencia HSE debe ser el musculo que permita asegurar el control de los trabajos en caliente asociados con la soldadura y corte en las áreas de proceso. Los requisitos son: La Gerencia de operaciones deberá emitir los permisos de trabajo en caliente para trabajos realizados dentro una planta de proceso.

**Gestión del Cambio.** En este elemento se administran todas las modificaciones de los equipos, los procedimientos, las condiciones de operaciones y las materias primas que no sean "de reemplazo uno a uno". Los requisitos el Gerenciamiento del cambio son: el establecimiento

de procedimientos escritos para gestionar el cambio; abordar la base técnica, impacto en la seguridad y la salud, la modificación de los procedimientos de operaciones, informar y capacitar a los empleados afectados por el cambio; y la actualización de la información de seguridad de proceso y la operación de los procedimientos o prácticas.

**Las investigaciones de incidentes.** La Gerencia General apoyada en las Gerencias Técnicas y Operativas investigarán cada incidente que se materializado en la empresa o por la operación de su negocio, o que razonablemente podría haber dado lugar a una liberación catastrófica de químicos altamente peligrosos en el sitio de trabajo. La Gerencia Técnica establecerá un equipo de investigación que luego preparará un informe donde se incluirá: La fecha en la que ocurrieron los hechos, la fecha en que inició la investigación, la descripción del incidente, los factores que contribuyeron al incidente y las recomendaciones de la investigación. La Gerencia está obligada a establecer un sistema para atender con prontitud las recomendaciones y conclusiones del informe de incidente, la documentación de todas las resoluciones y acciones correctivas. Los informes de incidentes se revisarán con todo el personal afectado cuyas tareas de trabajo son relevantes para la investigación y archivado durante cinco años.

**Planificación y Respuesta a Emergencias.** En la planificación y respuestas de emergencias se requiere que la Gerencia General suministre los recursos pertinentes para el entrenamiento de los empleados en las acciones que deben tomar cuando se materializa el peligro. La Gerencia debe establecer y aplicar un plan de acción de emergencia e incluir el procedimiento para el manejo de incidentes menores.

**Auditorías de Cumplimiento.** La Gerencia realizará auditorías de cumplimiento cada tres años para autoevaluar la efectividad del programa PSM identificando deficiencias y asegurando las acciones correctivas.

**Secretos Comerciales.** La Gerencia tiene el compromiso de divulgar toda la información necesaria para cumplir con el estándar de PSM, el análisis de riesgos, la ejecución de los procedimientos operativos, planificar y responder ante emergencias y realizar las auditorías de cumplimiento sin tener en cuenta los secretos comerciales del negocio. (U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 2000)

### 4.3.2 Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos según SEVESO.

La Directiva SEVESO exige a los países de Europa a identificar aquellas zonas industriales de riesgos para que adopten las medidas de prevención contra los accidentes graves<sup>50</sup> en los que existan sustancias peligrosas y de esta manera limiten las consecuencias para el hombre y para el medio ambiente. El objetivo de esta directiva es garantizar un alto nivel de protección en toda la Unión Europea.

Para efectos del estudio se considerará solo la información contemplada en el artículo 8, apartado 5, y en el artículo 10 de la directriz SEVESO III y que es relativa al sistema de gestión de la seguridad y a la organización del establecimiento con miras a la prevención de accidentes graves.

El sistema de gestión de la seguridad está orientado a la evaluación de riesgos sobre todo en aquellas organizaciones complejas de tipo industrial y que manejan peligros en la operación. Este sistema de Gerenciamiento debe incluir toda la estructura organizacional, las responsabilidades de la Gerencia General y el resto de la organización, las prácticas, los procedimientos de operación, los procesos y los recursos facilitaran la definición y aplicación de la política de prevención de accidentes graves.

Para la aplicación del sistema de gestión de seguridad de procesos se tienen los elementos considerados por la presente directiva son:

1. La organización y el personal: En este elemento se involucra directamente a todas las personas de la compañía que de una u otra forma están asociados al riesgo de procesos de la industria. En este elemento se resalta el compromiso y responsabilidad de la Gerencia General y la Gerencia media. La mejora continua, el constante entrenamiento, y la participación de los empleados y el involucramiento en la cultura de seguridad de procesos a los contratistas son factores claves de éxito en este elemento.

---

<sup>50</sup> Emisiones tóxicas, incendios o explosiones, que resulten de un proceso no controlado durante la operación de una instalación o planta de procesos, cuya consecuencia suponga un peligro grave, ya sea inmediato o diferido, para la salud humana o el medio ambiente, dentro o fuera del establecimiento, y en el que intervengan una o varias sustancias peligrosas.

2. La identificación y la evaluación de los riesgos de accidente grave: La Gerencia es la encargada de adoptar y aplicar los procedimientos para realizar de manera sistemática la identificación de los riesgos de accidente mayor que se puedan generar en la operación, incluyendo aquellas actividades desarrolladas por contratistas y que esté asociadas a la operación de industria. Una vez identificado los riesgos, es responsabilidad de la Gerencia evaluar la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias.
3. El control Operacional: En este elemento es clave la gestión de la Gerencia de operaciones, mantenimiento e ingeniería; dado que para lograr el éxito en el control operacional, necesariamente se deben construir y aplicar procedimientos e instructivos que garantice un funcionamiento seguro tanto en el proceso de operaciones como en el mantenimiento. Es muy importante el Gerenciamiento de las alarmas, la gestión y control de los riesgos asociados al tiempo de uso de los equipos y una oportuna gestión de la corrosión.
4. La gestión de las modificaciones: El Gerenciamiento del cambio se hace presente en cada uno de los modelos de Gerenciamiento ASP por la alta probabilidad de fallo que puede inducir un cambio no analizado. La Gerencia de ingeniería o proceso es el principal protagonista en este elemento.
5. La planificación de las situaciones de emergencia: Este elemento actúa como una barrera activa ante la materialización de cualquier peligro. Es aquí donde la Alta Gerencia con el apoyo de la Gerencia HSE deben asegurar la adopción y aplicación de procedimientos que identifiquen situaciones previsibles de emergencia. Además se debe elaborar, poner a prueba y revisar los planes de emergencia, proporcionando un entrenamiento específico al personal adecuado.
6. El seguimiento del funcionamiento: Este elemento hace referencia a la evaluación permanente del cumplimiento de los objetivos fijados por la Gerencia General enmarcado en la política de prevención de accidentes graves y del sistema de Administración de seguridad de procesos, además de la implantación de mecanismos para investigación de incidentes o accidentes. Es responsabilidad de la Gerencia la notificación de accidentes graves o incidentes. La Gerencia deberá integrar al seguimiento de gestión empresarial, los

indicadores que midan la Gestión ASP para garantizar la mejora continua apoyada en lecciones aprendidas.

7. Auditoría y el análisis: En aras de mantener el proceso de mejora continua del modelo de Gestión ASP, la Gerencia debe evaluar de manera periódica y sistemática la política de prevención de accidentes graves y su eficacia. Por medio de auditorías la alta dirección revelará el funcionamiento de la política aplicada, del modelo de gestión de la seguridad y su propuesta de mejora, considerando la incorporación de los cambios recomendados en el ejercicio de auditoría. **(SEVESOIII, 2012)**

### 4.3.1 Análisis de Resultados.

**Tabla 4.3-9** Cuadro de análisis comparativo entre regulaciones. Pilares Compromiso con ASP y Entendimiento de los peligros y riesgos.

CCPS	OSHA 3132 o 1910.119	Directiva 2012/18/UE SEVESO III	NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-STPS-2012	DECRETO #1443 y NTC 5254	
<b>Compromiso con la seguridad de procesos.</b>					
Cultura de seguridad de procesos.			1. Obligaciones del patrón	Artículo 5.	
Cumplimiento con los estándares.			2. Obligaciones de los trabajadores	Compromiso por la gerencia	
Competencia en seguridad de procesos.					
Participación de los empleados.			4. Participación de los empleados	1. Organización y el personal	
Divulgación a las partes interesadas.					
<b>Entendimiento de los Peligros y Riesgos</b>					
Gerenciamiento del conocimiento de proceso.	1. Información de Seguridad de Procesos.				
Identificación de peligros y análisis de riesgos.	2. Análisis de Riesgos de Procesos	2. Identificación y Evaluación de los riesgos de accidente grave	3. Análisis de riesgos 5. Administración de riesgos	Gestión de riesgos (NTC)	

Para este segundo análisis comparativo; hemos tomado las normativas de Norte América, Europa y Latinoamérica más importantes para el estudio. En este caso particular incluimos la normativa Colombiana para evidenciar la aplicabilidad que tiene la legislación local en la Gestión ASP. Como ya hemos descrito en el Diseño metodológico, estas regulaciones la analizaremos bajo la luz del estándar CCPS.

En este primer bloque analizaremos los primeros dos pilares descritos por CCPS como lo son “Compromiso por la seguridad de procesos” y “Entendimiento de los peligros y riesgos”. En este pilar el cumplimiento normativo es prácticamente desértico. La razón es por la misma naturaleza de las regulaciones; tan solo decir el que y no explicar el cómo. Las regulaciones no necesitan generar un compromiso con la Gestión ASP, puesto que lo que hacen es exigirla. Al final es obligatorio y si llegara a haber incumplimientos, los resultados inmediatos serían las sanciones. Por esta razón es que tanto OSHA como SEVESO mencionan muy levemente la necesidad de la participación de los empleados dado que son precisamente ellos los que desarrollan y están involucrados en todo el proceso de Gestión ASP.

La legislación Mexicana por otro lado, si es enfática en el elemento relacionado con la “Cultura de seguridad de procesos”; en su normativa describe claramente cuales son las obligaciones tanto de la Gerencia como las de los empleados, dando una primera señal de la marcada influencia que tiene esta normativa del estándar Americano CCPS. Por otro lado el decreto #1443 también menciona el compromiso que debe tener la gerencia para desarrollar el modelo de seguridad; aunque vale la pena resaltar que este decreto está muy orientado a la seguridad y salud en el trabajo y no a un modelo de Gestión ASP.

Un aspecto común en las tres regulaciones (OSHA, SEVESO y NOM28) es el amplio despliegue realizado a la definición de los productos peligrosos para los cuales es aplicable estas normativas. Es más, gran parte de la normativa la dedican al anexo que describe estos productos. Por supuesto esto denota una clara debilidad en las regulaciones que legislan en Colombia, puesto que dejan en claro que aunque menciona el tema del manejo del riesgo, no es orientado a fatalidades ni catástrofes.

En cuanto al pilar “Entendimiento de los riesgos”, podemos observar una alineación de las cuatro legislaciones; dado que este es el objetivo de ellas. Además todas siguen el modelo de

Gestión de riesgos que se ha establecido como paradigma. Identificar, analizar, mitigar, monitorear y controlar son a grandes rasgos las fases de los modelos de gestión de riesgos propuestos por las regulaciones.



**Ilustración 4-10;** Paradigma de gerenciamiento de riesgos.

También es importante resaltar que solo OSHA y NOM28 proponen metodologías para el análisis de estos riesgos dependiendo de la complejidad de los procesos. Entre estos podemos destacar HAZOP, What if, FMEA, Check list o FTA.

Para cerrar este análisis del primer bloque de pilares, queremos destacar que no todos los elementos propuestos por los estándares, deben ser necesariamente normalizados o exigidos por el estado, puesto que las industrias son diferentes y el foco de la Gestión ASP en cada una de ellas será de la misma proporción a la peligrosidad de la industria. Dicho lo anterior, tenemos entonces que la Gerencia deberá identificar los requisitos exigidos por la normativa, pero teniendo una cultura propia de gestión ASP que solo la conciencia sobre la importancia de un modelo de gestión será quien dictamine los resultados.

**Tabla 4.3-11** Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos. Pilar Gerenciamiento del riesgo.

CCPS	OSHA 3132 o 1910.119	Directiva 2012/18/UE SEVESO III	NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-STPS-2012	DECRETO #1443 y NTC 5254
<b>Gerenciamiento del riesgo.</b>				
Procedimientos operacionales.	3. Procedimientos operativos	3. el control de explotación	4. Procedimientos de seguridad y autorizaciones para trabajos peligrosos	Artículo 12. Procedimientos de seguridad
Practica de trabajo seguro.	9. Permiso de trabajo en caliente			
Integridad y confiabilidad de los activos.	8. Integridad mecánica	3. El control de explotación	6. Administración de la integridad mecánica de los equipos críticos	
Gestión de contratistas.	6. Contratistas	1. La organización y el personal	12. Contratistas	
Entrenamiento y aseguramiento del desempeño.	5. Entrenamiento		13. Programa de capacitación	
Manejo del cambio.	10. Manejo del cambio	4. la gestión de las modificaciones	7. Administración de cambios	Artículo 26. Gestión de cambio
Disponibilidad operacional.	7. Revisión de seguridad de pre arranque			
Conducta de operaciones.				
Manejo de emergencias.	12. Planeación y de respuestas emergencias	5. la planificación de las situaciones de emergencia	8. Plan de atención a emergencias	Artículo 25. Prevención, preparación y de respuesta emergencia

Este segundo bloque de pilares contiene el hacer y es un aspecto donde las regulaciones o normativas coinciden casi en todo sus elementos. Sin embargo la normativa Colombiana una vez más queda corta en comparación con las demás.

El primer elemento de este pilar (Gerenciamiento del riesgo.) trata de la normalización de los procedimientos de procesos; elemento que debe ser tomado con mucha propiedad y seriedad por las diferentes Gerencias de nivel medio, principalmente por la Gerencia de Operaciones y la Gerencia de Mantenimiento. La mayoría de los desastres industriales y causas de accidentes catastróficos está dado por los errores humanos y fallas en la operación; por esta razón cada una de las actividades que se desarrollan en el sector industrial que pudiera introducir o generar un riesgo a la operación, deberá tener un procedimiento asociado. En este punto coinciden las normativas norte americana, mexicana y europea. Es sin duda un elemento que no puede faltar en ningún estándar o regulación ASP.

Para el elemento siguiente “practica de trabajo seguro” vemos que no fue desarrollada en la normativa de SEVESO III, aunque pudiese estar descrita en otra normativa europea que no es objeto de esta investigación. Por otro lado aunque de manera muy general la normativa colombiana si hace referencia a este elemento en el ítem 7 del artículo 12. Por su parte OSHA y NOM28 son enfáticos en este elemento que por supuesto deberá ser gestionado por la Gerencia HSE de manera detallada.

El elemento “integridad de los activos” es otro de aquellos elementos que no puede faltar dentro de cualquier estándar. Este punto lo tocaremos de manera profunda en el análisis comparativo de los modelos del sector puesto que depende mucho de la cultura organizacional; puesto que es de una naturaleza muy técnica y que su desarrollo dependerá de la tecnología de la industria. La gerencia técnica o de confiabilidad es la llamada a atender uno de los elementos más complejos que tiene cualquier modelo de Gestión ASP, puesto que de este depende el fallo de los activos que casi siempre termina siendo un evento de seguridad de procesos. Este elemento tampoco es mencionado por ninguna de las normativas colombiana por su obvia naturaleza y es justo en este punto donde ya podemos concluir que estas no son coherentes con los requisitos mínimos solicitado por cualquier modelo o regulación ASP y que en Colombia no existe una normativa orientada a esta disciplina; por lo tanto no la incluiremos es los siguientes análisis comparativos.

La Gerencia de abastecimiento y la Gerencia HSE deben trabajar en conjunto en el elemento “gestión de contratistas”. La necesidad de involucrar a los contratistas en la cultura HSE es de vital importancia dado que estos pueden introducir nuevos riesgos asociados a la operación o en zonas en las cuales existen ciertos peligros. Por tal razón es tan común ver este elemento en regulaciones, normativas y estándares. Los requisitos de HSE deben estar incluidos desde el proceso de contratación, y aunque esto aumentará el costo de cualquier contrato de prestación de servicio, el compromiso de la Gerencia con el modelo de gestión ASP lo llevará a tomar la decisión de hacer un análisis de riesgos donde por un lado de la balanza estará las posibles consecuencias (seguramente catastróficas) de no mitigar el riesgo introducido por el contratista y por el otro el dinero que cuesta incluir dentro del contrato la mitigación de este riesgo. Este elemento es común en todas las normativas siendo más explícito en OSHA y NOM28 que en la regulación europea.

El elemento “Disponibilidad operacional” hace referencia a las revisiones de seguridad de pre arranque y es considerado como un elemento donde se verifica la adecuada gestión del cambio y la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad. Por lo anterior la alta Dirección tiene en este elemento una herramienta de control de mitigación de riesgos y en donde el éxito de este depende del compromiso y apoyo de la Gerencia media; me refiero a las Gerencias que realizan modificaciones en planta e introducen nuevos sistemas o procesos a la operación. Tal es el caso de la Gerencia Técnica, quien es la garante de las mejoras continuas a las instalaciones o la Gerencia de Proyectos quien implementa nuevos sistemas e incluso nuevas instalaciones y por supuesto la Gerencia de Mantenimiento que es la encargada de ejecutar las recomendaciones. Este equipo multidisciplinario debe realizar de manera conjuntas una última revisión a las instalaciones para garantizar que lo diseñado corresponde a lo instalado y de esta manera evitar incidentes o accidentes de seguridad de procesos. Por su importancia pudiéramos afirmar que toda regulación debiera exigir este requerimiento por lo menos como una lista de chequeo; sin embargo SEVESO no lo menciona. La ejecución de esta práctica es otra de las que representa una relativa pérdida por lucro cesante, puesto que lleva tiempo realizar este ejercicio que debe hacerse con las instalaciones sin operar; sin embargo la Alta Gerencia deberá tener la claridad para poner en una balanza el tiempo consumido en la realización de esta actividad o el dinero que este representa, con el riesgo que se corre al realizar el proceso más peligroso en una

instalación industrial como lo es el arranque inicial de una instalación sin chequear que todo esté correcto, dado las consecuencias generadas por un accidente de seguridad de procesos.

El siguiente elemento a tratar “Conducta operacional” o también llamado Disciplina operativa no es común encontrarlo en estándares o normativas, puesto que va más dirigido a la forma de Gerencia de las personas y por lo tanto termina siendo un tema cultural. La Gerencia de Operaciones debe garantizar el cumplimiento riguroso en forma continua de los documentos en todas las etapas del proceso y buscar la excelencia operacional, la minimización en la variación de los rendimientos y la generación de la cultura de responsabilidad y compromiso del personal asociado a la operación. Esta es la razón por la cual las normativas no introducen este concepto dentro de su política de cumplimiento. Aunque detallaremos este elemento en el análisis comparativo del sector industrial; podemos aclarar que existe otra práctica en los modelos de gestión de activos que fortalece este elemento denominado “Operación Estructurada”.

En el último elemento del pilar “Gestión de Riesgos” tenemos a la “planificación y respuesta de emergencias”. La alta Gerencia debe obligatoriamente (Así lo consideran todas las regulaciones normativas y estándares) en su gestión de reducción de riesgos, incluir las medidas pertinentes para evitar dañar a las personas, medio ambiente e instalaciones, instalando sistemas y equipos de protección. El principal apoyo de la Alta Gerencia en esta tarea será la Coordinación de respuesta de emergencia que en algunos casos se encuentra en la Gerencia de Operaciones y en otros en la de HSE. La conclusión este elemento es de carácter obligatorio y no encontramos diferencias entre las normativas analizadas, a excepción de la regulación norte americana que remite a una normativa más especializada como lo es la OSHA 29 CFR 1910.38(a).

**Tabla 4.3-12** Cuadro de análisis comparativo entre estándares por Elementos. Pilar lecciones aprendidas.

CCPS	OSHA 3132 o 1910.119	Directiva 2012/18/UE SEVESO III	NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-028-STPS-2012	DECRETO #1443 y NTC 5254
Lecciones aprendidas.				
Investigación de incidentes.	11. Investigación de incidentes.	6. El seguimiento del funcionamiento.	10. Procedimiento para la investigación de accidentes mayores.	
Métricas y mediciones.				Artículo 19. Indicadores de SG-SST
Auditorías.	Auditorías de cumplimiento.	7. la auditoría y el análisis.	9. Programa de auditorías internas. 14. Unidades de verificación. 15. Procedimiento para la evaluación de la conformidad.	Artículo 29. Auditoría de cumplimiento del SG-SST
Revisión de la gestión y mejora continua.				Artículo 4. Mejora continua
	Secretos comerciales.		16. Vigilancia.	

En este último pilar “lecciones aprendidas” compararemos en un solo bloque los cuatro elementos a los que el estándar maestro nos hace referencia. En primera instancia tenemos que los elementos **investigación de incidentes** y **auditorías** son coincidentes en las tres normativas analizadas (OSHA, SEVESO y NOM28). La principal razón es que la Alta Gerencia debe generar un compromiso de mejora continua a su sistema de gestión ASP, objetivo que solo logrará si se capitalizan los errores cometidos en la historia y si se garantizan de manera sistemática que estas lecciones sean estudiadas por las nuevas generaciones. Ahora bien; el tema de investigación de incidentes a la luz de las regulaciones no solo tiene un foco de aprender de errores para evitar la ocurrencia en un futuro, sino el de reportar ante las autoridades locales y dar cumplimiento legal, estableciendo los lineamientos de acción al momento de la materialización del peligro. OSHA y NOM28 hacen énfasis en la investigación e los incidentes de manera oportuna determinan el límite de tiempo para iniciar la investigación y el tiempo de permanencia del informe final.

Por su parte el tema de auditorías, está tan bien detallado en la normativa mexicana que recomendaríamos la adaptación de este capítulo en una nueva normativa ASP colombiana, puesto que a diferencia de OSHA, esta se despacha en paso a paso para la realización del ejercicio. Por su parte SEVESO es muy plana en su explicación dejando el como a la administración del industrial. La Alta Gerencia tendrá que capacitar un grupo de auditores internos para la ejecución de estas auditorías periódicas.

Para finalizar este análisis trataremos los dos elementos del presente pilar y que no fue contemplado por ninguna regulación o normativa y que si es contemplada por el modelo maestro (CCPS). Hablamos de los **indicadores** y **revisión de la gestión y mejora continua**. Para la Alta Gerencia es vital tener una radiografía a tiempo real de lo que viene sucediendo con el modelo de gestión ASP adoptado por la compañía. Para esto es recomendable que la Gerencia seleccione los indicadores a los cuales se hará seguimiento por elemento y la definición de quien liderará tales elementos.

Del anterior análisis podemos que a excepción de la normativa colombiana, las demás regulaciones cumplen en gran porcentaje con lo recomendado por el estándar establecido como maestro (CCPS). Hablando de cantidad de elementos sugeridos por el estándar CCPS cubiertos por las normativas tenemos que OSHA coincide en un 65%, SEVESO en un 50%, NOM28 en un

55% y lo existente en Colombia en un 35%. Ahora bien; en cuanto a calidad de cumplimiento de los elementos desarrollados podemos afirmar que NOM28 es la que más se asemeja al desarrollo de los procesos de gestión, puesto que evidentemente CCPS ha sido un estándar utilizado como referencia para el desarrollo de esta normativa. Luego ubicamos a OSHA que aunque en algunos elementos queda un poco corto, en otros se extiende a través de otras normativas. Y por último consideramos la normativa europea (SEVESO), que con sus características muestra ser más exigencia en el cumplimiento de la ley sin importar el “como”.

Colombia definitivamente carece de una normativa que regule las exigencias de un modelo de gestión de Seguridad de Proceso y/o manejo o control de riesgos catastróficos asociado a la industria de procesos, agroquímica, petroquímica o de refinación.

En el siguiente análisis analizaremos los modelos de gestión usados por dos empresas del sector industrial de Cartagena y lo enfocaremos en los roles, responsabilidades e importancia que juega la Gerencia dentro de los modelos de gestión ASP.

#### **4.4 Análisis comparativo entre estándar CCPS, normativas OSHA y el sector industrial de Cartagena**

##### **4.4.1 Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos en CABOT COLOMBIANA.**

La administración de la seguridad del proceso en Cabot Colombiana hace referencia al conjunto de todas las prácticas enfocadas a reducir los riesgos en las operaciones realizadas por los equipos para la producción y empaque de negro de humo. Este conjunto de prácticas son necesarias para administrar los riesgos del manejo de grandes cantidades de químicos peligrosos, que en la planta de Cabot principalmente son el Arotar, Gas natural, Gases de cola y vapor de agua.

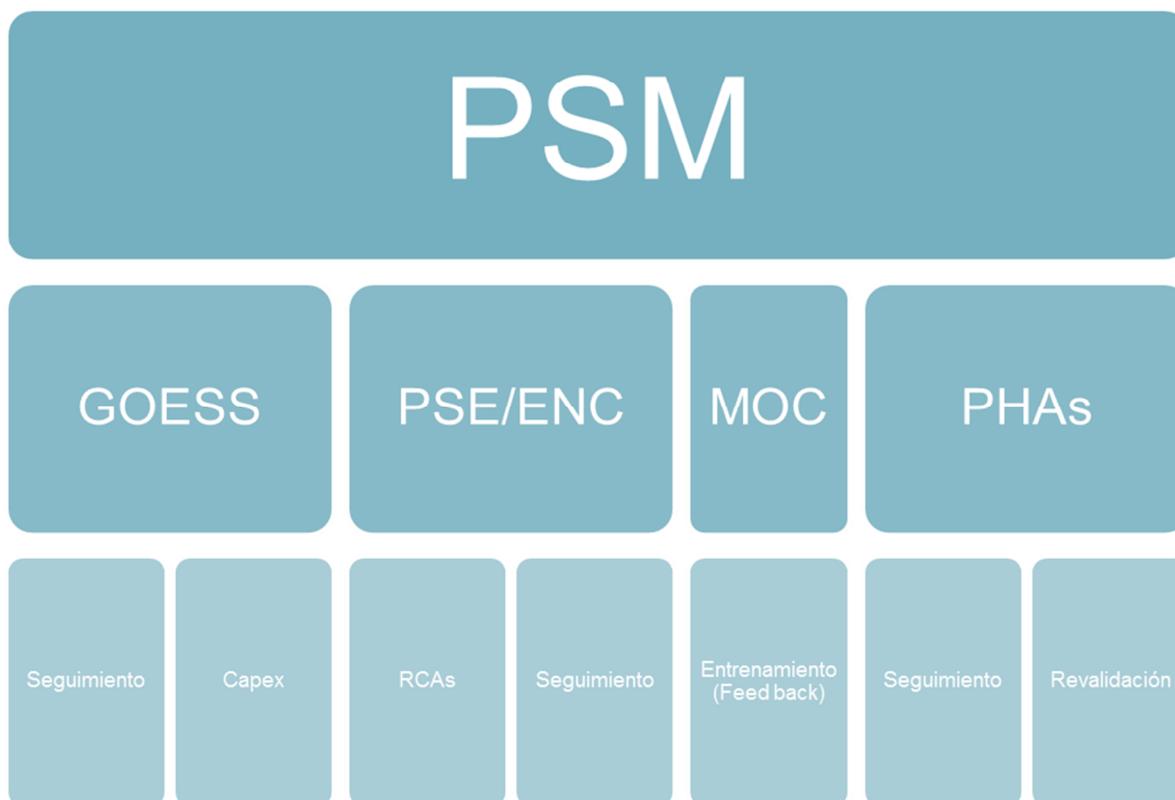
Como toda empresa multinacional de clase mundial, Cabot tiene su un Procedimiento General de Seguridad de Procesos PSM, cuyo propósito es el de determinar la forma y manera como la empresa cumple y administra los riesgos del proceso siguiendo las recomendaciones corporativas de PSM basadas en los estándares de la OSHA 1920.119, CFR 29 y en los estándares relacionados con seguridad de proceso y ambiental, tales como los GOESS<sup>51</sup>, para evitar los impactos negativos a las personas, equipos, vecinos y al medio ambiente. Los objetivos medibles corporativamente son la reducción a cero de los eventos de seguridad de proceso (PSEs<sup>52</sup>) y las no conformidades ambientales (ENC<sup>53</sup>). El resultado del cumplimiento de ese procedimiento es la reducción de riesgos e impactos en los procesos y recursos usados para la producción de negro de humo, tanto a la planta localmente como a todos los interesados.

---

<sup>51</sup> Es un término netamente corporativo y es la sigla en ingles de “Global Operations Environmental Safety Standard”, que se traduce como Estándares globales operativos de seguridad y medio ambiente. Son los documentos que definen el mejor diseño actual, los mejores estándares de operación y mantenimiento para reducir al mínimo la exposición al riesgo nivel naranja.

<sup>52</sup> Es la sigla en ingles de “Process Safety Events” o eventos de seguridad de proceso. Los PSE son aquellos que: Resultan en una parada de equipo, unidad o de planta de más de cinco días; daños a equipos, unidades o planta en más de US\$100,000 y/o posibilidad de lesiones graves o impacto ambiental significativo.

<sup>53</sup> Siglas en ingles de “Environmental Non Conformity” que se traduce en No Conformidad Ambiental. Son todos los derrames o escapes que requieren ser reportados a las autoridades reguladoras o del gobierno según las leyes, reglamentos o permisos. Normalmente un ENC puede ser considerado un evento de seguridad de proceso (PSEs) cuando ocurre dentro de las instalaciones de la planta y cumple con los requisitos de PSE.



**Ilustración 4-13,** Estrategia PSM en Cabot Colombiana.

La gestión de la seguridad de proceso en Cabot, se desarrolla de la siguiente manera:

Construcción de la seguridad en la operación.

- a) Identificar los riesgos operacionales en todos los procesos (PHAs<sup>54</sup> y uso de GOESS) según su propia matriz de riesgo.
- b) Evaluar la potencial consecuencia de incidentes (PSE & PHAs).
- c) Seguir los estándares de diseño de ingeniería (SDDs<sup>55</sup>, PSI<sup>56</sup> & MOCs<sup>57</sup>).
- d) Mantener siempre actualizada la tecnología de información (PSI & MOCs)

<sup>54</sup> Siglas en ingles de “Process Hazard Analysis”, que se traduce como Análisis de Riesgo del proceso.

<sup>55</sup> Standards Design database de Negro de humo; Almacén controlado de diseños estándares de equipos para producción de negro de humo.

<sup>56</sup> Siglas en ingles de “Process Safety Information”, que se traduce como Información de Seguridad del Proceso. Es la información completa, precisa y exacta concerniente al proceso.

<sup>57</sup> Siglas en ingles de “Management of Change”, que significa manejo o gestión del cambio. Es un sistema de administración para controlar las modificaciones a equipos, procedimientos, materia prima y otras condiciones de proceso diferentes a “reemplazo en especie”, identificándolas y revisándolas antes de la implementación de los cambios

- e) Desarrollar y divulgar los estándares de seguridad operacional (GOESS).
- f) Consultar las actualizaciones en los GOESS en el desarrollo de los PHA´s y los MOC´s.
- g) Garantizar la existencia de procedimientos de operaciones y mantenimiento (PSI y SOPs<sup>58</sup>).
- h) Realizar las inspecciones de seguridad de equipo e instalaciones antes de la puesta en marcha (PSSRs<sup>59</sup>).

Ejecutar la operación con seguridad.

- a) Realizar el entrenamiento en tecnología y seguridad para el personal (Capacitación / GOESS)
- b) Gestión en el ciclo de vida de los procedimientos de operación y mantenimiento tanto en procesos principales como actividades asociadas (MOC).
- c) Realizar las investigaciones de accidentes, incidentes y cuasi accidentes (near misses<sup>60</sup>).
- d) Revisar, analizar y controlar las modificaciones a las instalaciones y las operaciones (MOC & PHAs, uso de GOESS).
- e) Realizar las revisiones de seguridad de pre arranque antes de la puesta en marcha de los sistemas modificados (PSSRs & MOCs).
- f) Realizar los controles de seguridad de las instalaciones que están fuera de servicio o que se reactiva después de una parada de planta prolongada (PSSR & MOCs).
- g) Realizar las auditorías para evaluar el cumplimiento de los requisitos del programa de seguridad de procesos. Para esto es importante la integración corporativa de la empresa, donde grupos auditores de otras sucursales pueden ayudar en las auditorías gracias al conocimiento de la temática de cada elemento.

---

<sup>58</sup> Standard Operating Procedures, son los documentos que describen detalladamente la manera segura de operar las plantas en cualquier tipo de condición prevista, sea normal o anormal.

<sup>59</sup> Siglas en ingles de “Pre Start-up Safety Review”, que se traduce como revisión de seguridad en el pre-arranque.

<sup>60</sup> En español significa Cuasi incidente. Es un incidente el cual no produjo consecuencias graves a las personas, medio ambiente o equipos solamente por diferencias en tiempo o espacio de los partícipes del incidente.

### Elementos de PSM:

Cabot Colombiana se guía por los procedimientos corporativos alineados con los requerimientos OSHA. Sin embargo ha incorporado un modelo muy interesante basado en cultura organizacional y las lecciones aprendidas en sus diferentes sucursales. Los elementos en los cuales se basa el modelo de Gestión de seguridad de procesos son los siguientes:

- 1) Compromiso Gerencia.
- 2) Participación del Empleado.
- 3) PSI: Información de Seguridad de Proceso.
- 4) PHA: Análisis de Riesgo de Procesos.
- 5) Procedimientos de Operación Estándar.
- 6) Capacitación.
- 7) Contratistas.
- 8) PSSR: Revisión de Seguridad previa al arranque.
- 9) MI - Integridad Mecánica.
- 10) Permisos de Trabajo.
- 11) MOC: Manejo del Cambio.
- 12) Planeación y Respuesta ante Emergencias.
- 13) Auditorías de Cumplimiento.
- 14) Investigación de incidentes.

#### **4.4.2 Gerenciamiento de la Seguridad de Procesos en ECOPETROL.**

Ecopetrol en su guía ECP-DHS-G-019 de Administración de Seguridad de Procesos, *“establece los lineamientos que orientan y regulan la gestión de Seguridad de Procesos en ECOPETROL S.A. dentro del sistema de Gestión Integral de la compañía. Aplica a todas las áreas operativas de ECOPETROL S.A. y a todo el personal directo y de contratistas que desarrolle trabajos para las áreas industriales de la compañía y que puedan afectar a las personas, la comunidad, el medio ambiente o la propiedad”*.

Tal como lo hemos mencionado, la mayoría de los incidentes de proceso resultan de errores o condiciones que pueden ser atribuibles a rupturas en el control administrativo, como pueden ser:

inadecuado entendimiento de la tecnología del proceso, procedimientos de operación o de emergencia incompletos u obsoletos, modificaciones a equipos no autorizadas o inadecuadamente diseñadas, programas inadecuados de inspección o mantenimiento, conocimiento del trabajo y/o capacitación inadecuados, supervisión inadecuada, y fallas para comunicar la tecnología del proceso esencial.

La administración de la Seguridad de Procesos en ECOPETROL S.A se enfoca en proporcionar suficientes controles y/o redundancias para evitar un grupo de condiciones que puedan conducir a incidentes de proceso. El principal objetivo de la Administración de Seguridad de Procesos dentro de ECOPETROL S.A, es lograr el mejor desempeño operacional, interviniendo el riesgo, evitando y controlando las pérdidas de contenido como emisiones de productos o energía, con potencial peligroso y estableciendo las medidas y acciones necesarias de protección y control, para reducir la posible afectación de los eventos peligrosos en las personas, el medio ambiente, las instalaciones e infraestructura de servicios. El resultado es la reducción de accidentalidad operacional, ocupacional y ambiental.

#### Elementos de la administración de seguridad de procesos:

La Administración de Seguridad de Procesos está integrado por un conjunto de elementos que se convierten en “líneas de defensa” en el diseño, operación y mantenimiento de sus procesos y operaciones.



**Ilustración 4-14,** Modelo de Gestión HSE de ECOPETROL S.A.

Los pilares y elementos en los cuales Ecopetrol apoya su gestión son:

❖ **Pilar de Cultura y Liderazgo:**

- 1) Cultura Organizacional y Liderazgo en seguridad de procesos

❖ **Pilar de Requerimientos.**

- 2) Marco regulatorio y/o jurídico
- 3) Gestión de competencias
- 4) Seguridad y desempeño de contratistas
- 5) Control de cambios de personal.

❖ **Pilar de Diseño Seguro**

- 6) Tecnología del proceso (Información de Seguridad de Procesos y Normas y Estándares)
- 7) Revisión de Seguridad de Pre-arranque
- 8) Análisis de riesgos y peligros de procesos.

**❖ Pilar de Operación Segura:**

- 9) Procedimientos operacionales, Prácticas Seguras e Integridad operativa (Gestión de activos).
- 10) Control de cambios de tecnología.
- 11) Integridad Mecánica y aseguramiento de calidad.

**❖ Pilar de Planeación y Respuesta a Emergencias:**

- 12) Planeación y respuesta a emergencias.

**❖ Pilar Mejoramiento continuo.**

- 13) Gestión de incidentes.
- 14) Auditorías de cumplimiento.

Este conjunto de elementos deben ser aplicados de una manera sistemática y proactiva en todas las operaciones. La Administración de Seguridad de Procesos se soporta en una activa participación de los trabajadores y enlace directo con sistema HSE. (ECOPETROL, 2011)

### 4.4.3 Análisis de Resultados.

**Tabla 4.4-15** Análisis comparativo entre estándares ASP y modelos del sector industrial en Cartagena.

CCPS	ECOPETROL	CABOT	OSHA 3132 o
Cultura de seguridad de procesos.	Cultura Organizacional y Liderazgo ASP.	Compromiso Gerencia.	
Cumplimiento con los estándares.	Marco regulatorio y/o jurídico		
Competencia en seguridad de procesos.	Gestión de competencias		
Participación de los empleados.	Control de cambios de personal	Participación del Empleado.	Participación de los empleados
Divulgación a las partes interesadas.			
Gerenciamiento del conocimiento de proceso.	Tecnología del proceso (Información de ASP, normas y estándares)	PSI: Información de Seguridad de Proceso.	Información de Seguridad de Procesos.
Identificación de peligros y análisis de riesgos.	Análisis de riesgos y peligros de procesos	PHA: Análisis de Riesgo de Procesos.	Análisis de Riesgos de Procesos
Procedimientos operacionales.	Procedimientos operacionales, Prácticas Seguras e Integridad operativa.	Procedimientos de Operación.	Procedimientos operativos
Practica de trabajo seguro.		Permisos de Trabajo.	Permiso de trabajo en caliente
Conducta de operaciones.			
Integridad y confiabilidad de los activos.	Integridad Mecánica y aseguramiento de calidad.	MI - Integridad Mecánica.	Integridad mecánica
Gestión de contratistas.	Seguridad y desempeño de contratistas	Contratistas.	Contratistas
Entrenamiento.		Capacitación.	Entrenamiento
Manejo del cambio.	Control de cambios de tecnología.	MOC: Manejo del Cambio.	Manejo del cambio
Disponibilidad operacional.	Revisión de Seguridad de Pre-arranque	PSSR.	PSSR
Manejo de emergencias.	Planeación y respuesta a emergencias	Planeación y Respuesta ante Emergencias.	Planeación y respuestas de emergencias
Investigación de incidentes.	Gestión de incidentes.	Investigación de incidentes.	Investigación de incidentes
Métricas y mediciones.	Nota 3	Nota 6	
Auditorías.	Auditorías de cumplimiento.	Auditorías de Cumplimiento.	Auditorías de cumplimiento
Revisión de la gestión y mejora continua.	Nota 3	Nota 6	

Empezaremos por resaltar las grandes coincidencias que hemos podido evidenciar entre los modelos de Gerenciamiento de la Seguridad de los Procesos de Ecopetrol y Cabot con los modelos anteriormente caracterizados y en especial el modelo propuesto por la CCPS y la regulación OSHA.

El modelo de CCPS al que hemos denominado en este estudio como el modelo master por sus grandes ventajas ante los otros modelos estudiados; ha basado su desarrollo en veinte elementos que fueron agrupados por “pilares” dependiendo de sus características y objetivos. Es precisamente en estos sus cuatro “pilares” la forma como la CCPS brinda a la alta Gerencia de cualquier industria (de alto peligro), el soporte para una eficiente gestión en la Seguridad de Procesos químicos. Por otro lado el modelo adoptado y desarrollado por Ecopetrol ha agrupado sus catorce elementos en “seis pilares”, con el fin de identificar de manera clara cuales como gestionar las “líneas de defensa” en todo el ciclo de vida las instalaciones, desde el diseño, hasta la operación y mantenimiento los procesos operativos, e incluso de la desincorporación de los activos de operación.



**Ilustración 4-16;** Pilares CCPS y Ecopetrol.

La cantidad de pilares en cada uno de los modelos no creemos que marque una fortaleza o debilidad; solo un estilo de Gerenciamiento y unos subprocesos dentro de cada modelo.

Por otro lado la regulación OSHA que ha sido la más utilizada y con mayor éxito a nivel mundial ha sido prácticamente el punto de partida para el desarrollo del modelo propuesto por Cabot Corporation. Si bien es cierto que ambos proponen catorce elementos y que solo difieren en uno; este aunque es quizás la mayor coincidencia, también termina siendo la principal diferencia. Nos referimos a que la característica diferenciadora está representada por el primer elemento del modelo de Cabot Colombiana “Compromiso de la Gerencia”, que es el elemento que le quita el estigma de cumplimiento de una regulación, para convertirlo en un modelo de gestión basado en una cultura organizacional donde la Alta Gerencia tiene en su ADN el compromiso por la seguridad de los procesos y que el modelo de gestión administrativa, incluirá la gestión de la seguridad de los procesos.

Entrando en el primer elemento “Compromiso de la Gerencia”, podemos notar claramente que ambos modelos (Cabot y Ecopetrol) le dan la relevancia que este merece; puesto que un modelo de Gestión ASP necesita obligatoriamente el compromiso demostrado desde la gerencia por los recursos que la Alta Gerencia necesita destinar al desarrollo de este tipo de programas, para que este termine siendo efectivo y de los frutos esperados por la organización. Un ejemplo de esto son las declaraciones en sus políticas en seguridad y salud en el trabajo. Por un lado CABOT CLOMBIANA dice: *“Practicaremos los principios de Seguridad, Salud y Medio Ambiente, valor clave de la compañía, en todas y cada una de las actividades de la empresa. Nuestro compromiso con los principios de Seguridad, Salud y Medio Ambiente es un compromiso cuyo objetivo es hacer las cosas bien.”* En esta declaración el término Seguridad hace referencia tanto a la seguridad industrial como a la seguridad de procesos. Mientras que ECOPETROL S.A. dentro de su misión y política establece: *“la Seguridad de Procesos como un pilar fundamental al interior de nuestra organización, para posicionar a la compañía como una empresa líder, competitiva, capaz de ofrecer resultados sostenibles en el tiempo y con un alto grado de Responsabilidad Social Empresarial.”*

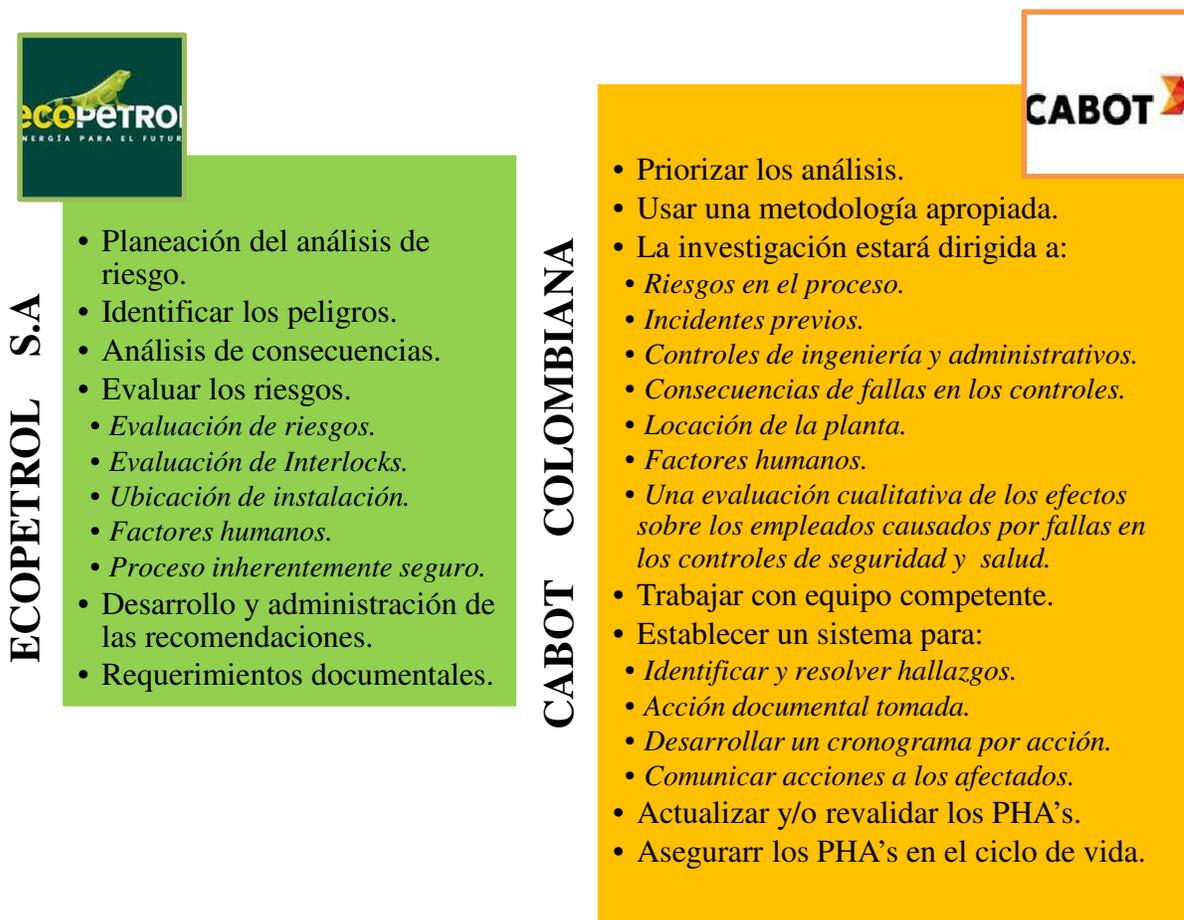
En cuanto al “Cumplimiento de los Estándares”, tenemos que decir que ambas empresas son estrictamente exigentes con este tema. Por un lado ECOPETROL S.A con la ayuda de la Vicepresidencia jurídica y la dirección HSE se encarga de investigar y monitorear permanente la existencia de normas, regulaciones o códigos, a nivel mundial, con la finalidad compararse con la legislación internacional, para estar permanente actualizado en la materia. Este punto lo

desarrolla en su elemento “Marco regulatorio y/o jurídico” y “Tecnología de Procesos”. Por otro lado aunque CABOT COLOMBIANA no establezca un elemento directamente relacionado con el propuesto por la CCPS; si está incorporado en su cultura y solo basta mencionar que por directriz internacional todas sus sucursales dan cumplimiento a la OSHA. Además, la base de datos de los estándares propios e internacionales que esta empresa maneja, está a la disposición de sus empleados.

En el elemento “Competencia en seguridad de procesos” ambas empresas procuran dentro de su cultura organizacional mantener una práctica sostenible en cada uno de sus elementos. Gracias al sistema informático robusto e internacionalmente compartido de CABOT COLOMBIANA, la competencia de sus empleados en la temática ASP es realmente alta. Con procedimientos a la mano, la Alta Gerencia deja en custodia cada uno de los elementos de ASP de su modelo de Gestión en manos de trabajadores de diferentes departamentos. Por su parte el corporativo HSE de ECOPETROL S.A ha liderado el desarrollo de guías, procedimientos y formatos que llevan de la mano al empleado para realizar cada una de sus actividades bajo la luz de la ASP. ECOPETROL S.A ha fortalecido su equipo de Gestión Integral de Riesgo Operacional que abandera todos los temas de esta disciplina y que sirven de foco de los elementos de su modelo de gestión cuyo objetivo será integrar la cultura ASP y HSE a la línea de operación.

Para la Alta Gerencia, una información completa, exacta y precisa del proceso, es sumamente importante si se desea administrar efectivamente la seguridad de los proceso. Y para la Gerencia de Operaciones, Gerencia de Mantenimiento y Gerencia de Proyectos es imperativa su existencia si se quiere tener éxito en los Análisis de Riesgos en Proceso y Modificaciones de las instalaciones. Es por esa razón que tanto CABOT COLOMBIANA como ECOPETROL S.A mantiene de manera sostenible su sistema de información de procesos. De esta manera el elemento “Gerenciamiento del Conocimiento de Proceso” se hace evidentemente fuerte en ambas empresas. Por un lado CABOT COLOMBIANA tiene toda su información centralizada en una base de datos de administración de información de procesos en la que se puede ver no solamente la información local sino la de todas las sucursales a nivel mundial. Por su lado ECOEPTROL S.A está haciendo la migración de la información a un sistema tan poderoso que puede consultar no solamente la base de datos de la información de seguridad, sino también integrar varios procesos en los cuales esta información esté involucrada.

Llagamos al elemento que pudiéramos denominar como el punto central de los modelos de gestión ASP. En donde los Gerentes enfrentan la dura tarea de la toma de decisiones sobre que tanto mitigar o eliminar el riesgo, lo que dependerá de la tolerancia por parte de la Alta Gerencia al mismo.



**Ilustración 4-17;** Proceso de gestión de riesgos.

El proceso de gestión de riesgos en los diferentes modelos es prácticamente el mismo; es un modelo universal enmarcado en el ciclo PHVA. Sin embargo todas las empresas difieren en su matriz de evaluación de riesgos que como ya lo hemos mencionado, dependerá de la tolerancia al mismo. Generalmente esta es directamente proporcional al tamaño de la compañía; es decir, en afectación económica una empresa que tiene varias sucursales y con un gran poder económico, tendrá una tolerancia al riesgo mucho mayor y viceversa. Una diferencia muy importante entre estas dos empresas del sector industrial de Cartagena es que CABOT por ser una empresa multinacional sucursales en más de 20 países, aísla el peligro de cada instalación, lo que le

permitiría mayor tolerancia al riesgo en las instalaciones. El factor común de ambas empresas es el daño al medioambiente y a la vida de las personas.

CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD					
					A	B	C	D	E	
Personas	Economía	Ambiental	Cientes	Imagen de la Empresa		No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Superintendencia o Departamento
Una o mas fatalidades	Catastrofica > \$10M	Contaminación irreparable	Velo como Proveedor	Internacional	5	M ●	M ●	H ●	H ●	VH ●
Incapacidad Permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Perdida de participación en el mercado	Nacional	4	L ●	M ●	M ●	H ●	H ●
Incapacidad Temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	perdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N ●	L ●	M ●	M ●	H ●
Lesion menor (Sin Incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Quejas y/o reclamos	Local	2	N ●	N ●	L ●	L ●	M ●
Lesion leve (Primeros Auxilios)	Marginal < \$10k	Efecto Leve	Incumplir Especificaciones	Interna	1	N ●	N ●	N ●	L ●	L ●
Ninguna Lesión	Ninguna	Ningun Efecto	Ningun Impacto	Ningun Impacto	0	N ●	N ●	N ●	N ●	N ●

**Ilustración 4-18;** Ejemplo de matriz RAM Ecopetrol.

En cuanto a los elementos “Procedimientos operacionales”, “Practica de trabajo seguro” y “Conducta de operaciones” propuestos por la CCPA, podemos decir que tanto ECOPETROL como CABOT lo agrupa en uno y dos elementos respectivamente.

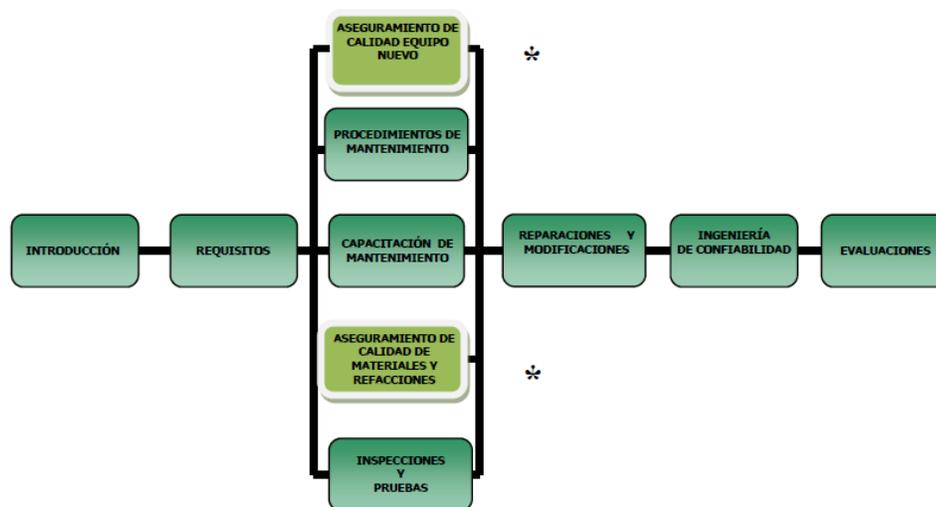
En cuanto al elemento “procedimiento de operación” consideramos que es especialmente crítico para la Gerencia de operaciones. Para garantizar una operación continua y sin disturbios, se debe tener un entendimiento claro de las variables y límites seguros que están manejando en el proceso. Estos procedimientos deben explicar la afectación a la seguridad y salud de las personas; así como los posibles daños ambientales y/o afectación a la infraestructura en caso de operar por encima de los límites permitidos. Aunque CABOT y ECOPETROL manifiestan su disciplina en este elemento; debemos decir que las diferencias de los proceso de cada una de estas empresas, son coherentes sus procedimientos y su política de gestión sobre estos. Lo que sí es notablemente diferente es que ECOPETROL apoyado en la cultura de una empresa líder en gestión de seguridad de procesos como lo es Dupont ha desarrollado un elemento diferenciador llamado “integridad operativa” que básicamente entrena muy rigurosamente la rutina de la operación basado en:

- Entrega y recibo de turnos.
- Permisos de trabajo.
- Rondas estructuradas y cuidado básico de equipos.

- Plan de aseguramiento del conocimiento.
- Guías de control.

Esta última busca proteger en primera medida los equipos y la operación, y finalmente busca la eficiencia económica basado en llevar las variables de operación a niveles más rentables por medio de ahorros energéticos, estabilización de la operación y llevando al punto de operación optima de cada uno de los equipos.

El siguiente elemento que analizaremos es “Integridad Mecánica” y es quizás el elemento de mayor cohesión con otro modelo de Administración como lo es la Gestión de Activos Industriales.



**Ilustración 4-19;** Modelo de Integridad Mecánica y aseguramiento de Calidad de Ecopetrol S.A.

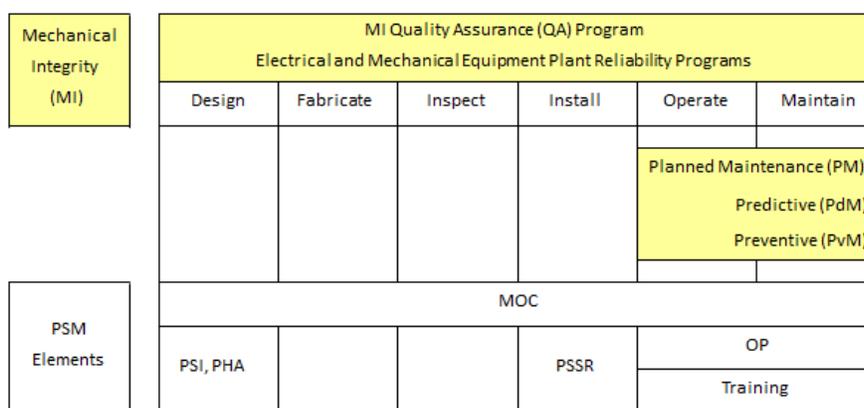
El modelo de Ecopetrol S:A se basa toda su estrategia en la gestión sobre equipos críticos<sup>61</sup>. Por tal razón el punto de partida es la definición de sistemas, equipos y componentes críticos por seguridad de proceso. A estos activos se les despliega una estrategia de aseguramiento de calidad una vez es realizada la incorporación; sin embargo que proceso de aseguramiento de calidad inicia desde la misma concepción de ingeniería conceptual. Una vez incorporados, estos activos deben tener identificado sus tareas críticas<sup>62</sup>; actividades que obligatoriamente debe estar descritas en un procedimiento. La realización de estas actividades debe ser llevada a cabo por

<sup>61</sup> Equipos que ante una falla generaría un accidente de seguridad de proceso que pudiera ser un incendio, explosión, liberación de sustancias tóxicas que afectarían a las instalaciones, a las personas y al medio ambiente.

<sup>62</sup> Actividad que de ser ejecutadas de manera inadecuada o por personas sin las competencias apropiadas, generaría un accidente de seguridad de proceso que pudiera ser un incendio, explosión, liberación de sustancias tóxicas que afectarían a las instalaciones, a las personas y al medio ambiente.

personas competentes y estos procedimientos deben ser revalidados a través del ciclo de vida del activo. En este modelo la Gerencia de Mantenimiento debe desarrollar un programa de aseguramiento de calidad sobre los repuestos y reparaciones denominado críticos<sup>63</sup>; los cuales deberán ser identificados para realizar una exhaustiva inspección antes de ser instalados. La Gerencia Técnica tiene la responsabilidad de llevar a cabo sus pruebas, inspecciones y mantenimiento preventivo, mientras que la Gerencia de mantenimiento tendrá la responsabilidad del desarrollo de las actividades reparaciones y modificaciones. Todos estos activos deben ser optimizados y mejorados de manera continua por lo cual la Gerencia deberá optar por implementar los modelos de ingeniería de confiabilidad que a su vez aumentará la productividad y disminuirá el riesgo.

Cabot Colombiana por su parte también tiene un modelo en el que se integra la gestión ASP con la Gestión del mantenimiento.



**Ilustración 4-20;** Modelo de Integridad Mecánica y aseguramiento de Calidad de Ecopetrol S.A.

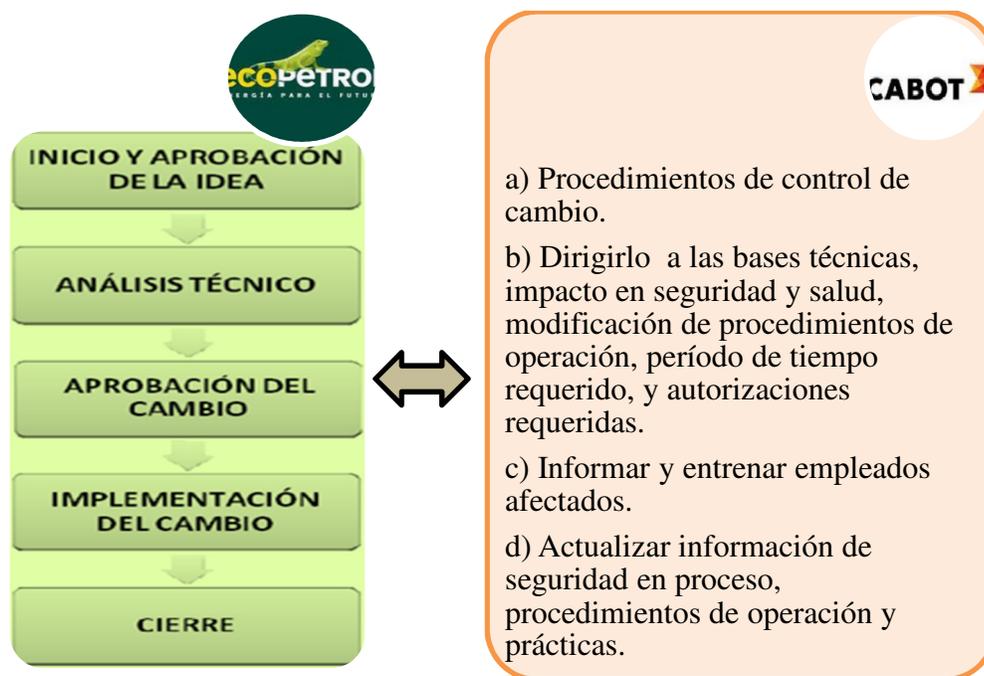
En la ilustración podemos observar la relación entre algunos de los elementos de ASP con la Gestión de Integridad Mecánica a través de todo el ciclo de vida del activo.

Otro de los elementos considerando críticos para cualquier modelo de seguridad de procesos. Hablamos del “Manejo del cambio”. Este como ya lo hemos mencionado, se refiere a un sistema de administración para controlar las modificaciones a equipos, procedimientos, materia prima y

<sup>63</sup> Partes o componentes que ante un fallo, generaría un accidente de seguridad de proceso que pudiera ser un incendio, explosión, liberación de sustancias tóxicas que afectarían a las instalaciones, a las personas y al medio ambiente.

otras condiciones de proceso diferentes a “reemplazo en especie”, identificándolas y revisándolas antes de la implementación de los cambios.

El flujo grama o proceso de manejo del cambio en cada una de las estas empresas, está direccionado de la siguiente forma:



**Ilustración 4-21;** Proceso de manejo del cambio.

A pesar que los modelo de Gerenciamiento del cambio son similares; hay una diferencia importante al día de hoy. Esta diferencia consiste básicamente a la integración que ha hecho Cabot Corporation de su modelo de Gestión del cambio con el sistema de gestión de proyectos “CMS” y con su sistema de permiso de trabajos. De esta manera si cualquier ejecutor realiza una actividad que involucre un cambio, el permiso de trabajo lo dirá y lo obligará a cumplir los requerimientos de tal proceso. Ecopetrol por su parte ha adquirido una herramienta que guiara todo el proceso de control de cambio a través de un flujo de aprobaciones en diferentes etapas para garantizar el debido proceso.

Otro elemento de gran relevancia también considerado como elemento crítico son las revisiones de seguridad de pre-arranque. Como ya lo hemos mencionado este elemento consiste en la verificación de que se haya dado el debido proceso en la construcción, precomisionamiento y comisionamiento de una nueva instalación o la ejecución de algún control de cambio. Ambas

empresas son líderes en el uso de esta práctica, sin embargo existen ciertas diferencias entre las que destacamos:

a. Ecopetrol S.A incluye en el ejercicio el mantenimiento realizado a las plantas de equipos mayores. Esta particularidad la hemos notado en el modelo de Ecopetrol S.A y es pertinente para generar la cultura del control de cambio de tecnología.

b. Cobot Colombiana se apoya en una práctica denominada DSR<sup>64</sup> (revisión de la seguridad del diseño) para realizar el ejercicio a las revisión de seguridad a la ingeniería conceptual y básica. Este ejercicio es similar al realizado en la revisión de seguridad de pre arranque (PSSR o RSPA<sup>65</sup>). Esto lo consideramos como una fortaleza, puesto que corregir en la fase de ingeniería genera un impacto ínfimo en comparación a corregir en la fase de construcción.

c. Ecopetrol S.A ha establecido diferentes listas de chequeo dependiendo del tamaño de la modificación. Así, se utilizará un modelo más completo para instalaciones de nuevas unidades o sistemas; y un modelo simplificado para cambios menores. Sea cual sea la magnitud de la instalación, siempre se utilizará una lista de chequeo obligatoria que revisará los elementos del modelo ASP, lo que termina siendo una gran fortaleza para el proceso.

Por ultimo queremos destacar la gran fortaleza que tiene Ecopetrol S.A en su sistema de “Manejo de emergencias”; la brigada y/o el equipo de bomberos de Ecopetrol S.A es realmente fuerte; preparado para las posibles emergencias generadas por el manejo de las sustancias peligrosas existentes en las instalaciones. Para ello el equipo está en constante entrenamiento, se han realizado análisis de consecuencia, procedimiento de respuesta a emergencia y el equipamiento para la respuesta a emergencias es muy completo. Por su parte Cabot Colombiana aunque no tiene la infraestructura de una empresa como Ecopetrol S.A, si tiene una brigada de emergencia conformada por los mismos operadores y un plan de respuesta a emergencia en donde se apoyan con brigadas vecinas.

---

<sup>64</sup> Design safety review.

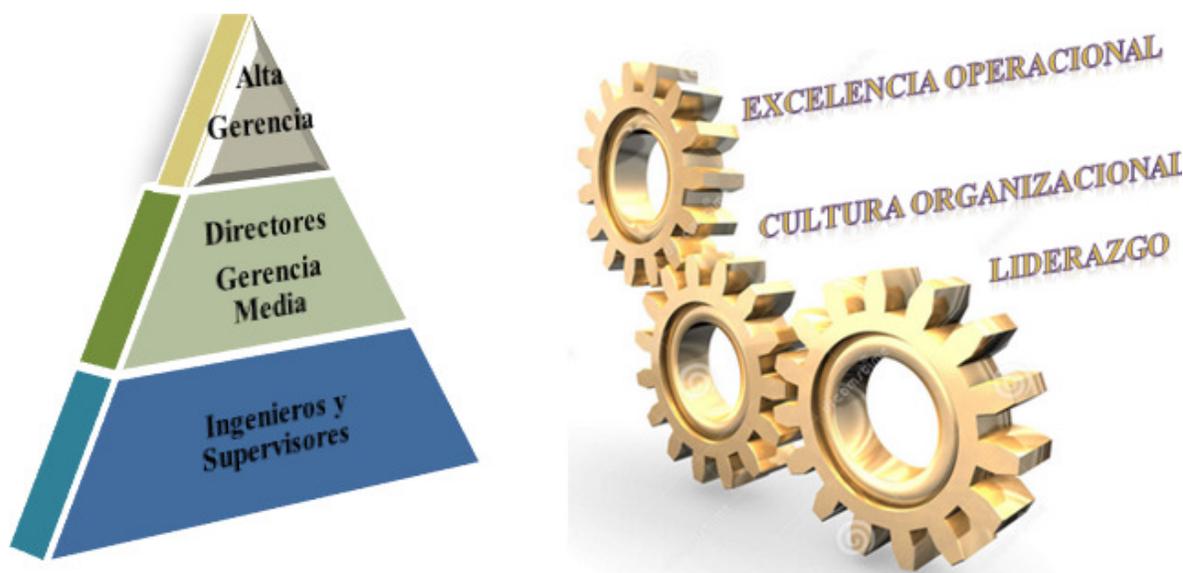
<sup>65</sup> Revisión de Seguridad de pre arranque.

## 5 Conclusiones

Se concluye que el estándar de la gestión de ASP más robusto, completo y adaptable a cualquier tipo de industria que maneje productos peligrosos es el desarrollado por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS); la cual se basa en el desarrollo de veinte elementos agrupados en cuatro pilares fundamentales. El CCPS ha desarrollado casi que un libro por elemento y ha puesto a disposición a la academia todo su desarrollo investigativo y conocimiento de los temas desarrollados a la Administración de Seguridad de los Procesos.

La primera gran conclusión sobre los elementos analizados es que los Altos Directivos del sector industrial de mamonal deben promover un cambio cultural para afrontar con responsabilidad el reto de adoptar un modelo de Administración basada en la seguridad de los procesos. El apoyo de la alta gerencia es absolutamente necesario para el logro de los objetivos propuestos por ASP. El seguimiento al cumplimiento de estas metas debe estar alineado y tener la misma rigurosidad que las exigencias realizadas a los indicadores de otros departamentos (finanzas, producción y mantenimiento).

Concluimos que el obliga y exige cumplimiento. El liderazgo y el compromiso visible de la Alta Gerencia y la Gerencia media es el mayor punto de apoyo para alcanzar los objetivos propuesto por los modelos de Administración de seguridad de los procesos.



**Ilustración 5-1;** Línea de mando y factores claves en la implementación de los modelos ASP.

Aunque el liderazgo y la iniciativa son necesarios en todos los niveles de la organización, es crucial que la Dirección y la alta gerencia proporcionen apoyo visible y participen personalmente. La Línea de Mando tiene la responsabilidad de dirigir y administrar ASP y es demostrado que la excelencia en los modelos de gestión de seguridad de procesos se logra cuando los líderes de una organización son los directamente responsables por la seguridad.

Las Empresas analizadas en el sector industrial de mamonal; demuestran el compromiso que tiene la Alta Gerencia con la gestión de seguridad de los procesos y esta se ve reflejada en la declaración de la misión o política general de las mismas. Este elemento es vital para la implementación y sostenibilidad del modelo, dado los recursos y el tiempo que se deben invertir.

Concluimos que es necesario establecer a través de regulaciones gubernamentales el estricto cumplimiento de normas de diseños o buenas prácticas de ingeniería en el desarrollo de actividades o tareas críticas según el proceso en el sector industrial. A pesar de los grandes vacíos existentes en la legislación colombiana referente a los temas de seguridad de procesos; las empresas analizadas en el sector industrial de mamonal; cumplen con regulaciones internacionales y estarían preparadas ante la incorporación de regulaciones de ASP a la industria Colombiana.

Las Empresas analizadas en el sector industrial de mamonal han implementado modelos muy parecidos a los mejores estándares o regulaciones internacionales. Sin embargo estos han sido desarrollado o adaptado a la cultura organizacional de cada uno de ellos.

La rotación en el departamento de Gestión de Riesgos del personal de otros departamentos críticos tales como la Gerencia de Operaciones, Gerencia de Mantenimiento y Gerencia de Ingeniería ha sido una práctica no muy común, pero que ha dado resultado. Por tal razón se recomienda el uso de esta práctica. Sin embargo y a pesar de la efectividad de la estrategia de rotación de los empleados por el departamento de Gestión del riesgo o HSE (líderes o gerentes); esta no ha sido adoptada por el sector industrial de Cartagena. Por lo anterior pudiéramos concluir que existe el temor en la junta directiva o Alta Gerencia de descuidar otros procesos considerados como primordiales para el desarrollo del negocio y se desaprovecharía una oportunidad inmejorable de catapultar el sistema de gestión en ASP a niveles de clase mundial.

La célebre frase “Quien tiene la información, tiene el poder” resume en gran parte nuestra posición frente al elemento “Gerenciamiento del conocimiento de proceso”. Por lo que concluimos que la Alta Gerencia de cualquier empresa que maneje sustancias peligrosas debe garantizar tener absolutamente toda la información relacionada a sus procesos, organizada y actualizada. Lo anterior significa que aunque tener la información organizada y actualizada cuesta; no tenerla no tendría precio. Por esto consideramos el “Gerenciamiento del conocimiento de proceso.” Como un elemento crítico en los modelos de seguridad de los procesos.

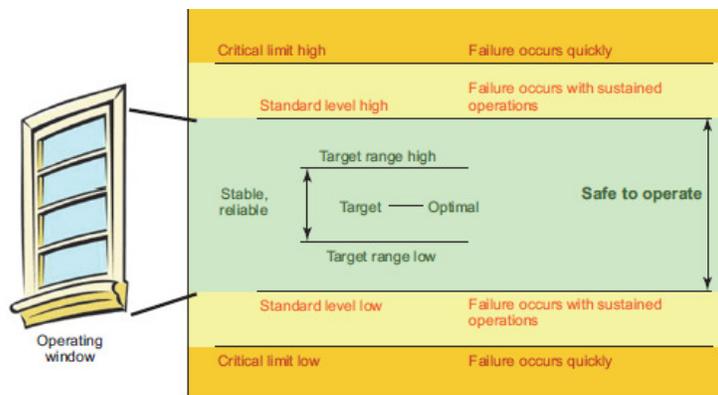
Concluimos que la carta de navegación para la toma de decisiones es la matriz RAM de los modelos de gestión ASP de cada una de las empresas. Por tal razón el elemento “Identificación de peligros y análisis de riesgos” es considerado como un elemento crítico del modelo ASP. Para la Alta Gerencia es absolutamente importante cuantificar los riesgos a los cuales se encuentra expuesto por su actividad industrial y con base en este invertir los recursos necesarios para llevarlo a niveles aceptables para la compañía.

Como conclusión importante recalamos la obligación que tiene la Alta Gerencia, apoyándose obviamente en la Gerencia de Operaciones en desarrollar, implementar y mantener todos los procedimientos operacionales y hacer una valoración de riesgo al desarrollo de las actividades descritas en estos. Aquellos procedimientos operacionales críticos por ASP; entendiéndola como aquellas actividades que en caso de ejecutarse de manera inapropiada, pudiera generar un accidente de seguridad de procesos; deben ser constantemente revisados y evaluar su eficacia para mejorarlos continuamente. Todo modelo de Gestión de ASP debe estar apoyado en un sistema de gestión de calidad (ISO 9000) que permita estandarizar sus procedimientos operacionales y de mantenimiento. De esta manera se mitiga el riesgo de ocurrencia de una catástrofe producto de errores humanos.

Por otro lado consideramos clave que la Alta Gerencia se apoye en la Gerencia de HSE para generar la cultura del desarrollo de las prácticas trabajo seguro. Estos sistematizan el proceso de actividades no rutinarias y ajenas a la operación, a través de procedimientos y permisos de trabajo que gracias a un sistema de verificación y autorización, la operación se entera y controla los peligros y riesgos nuevos que pudiesen introducirse a la operación.

Concluimos que la Alta Gerencia debe exigir a la Gerencia de operaciones la definición de las ventanas de operaciones de cada uno de sus procesos. De esta manera se logrará en primera

instancias operan de manera segura por debajo de los límites confiables de integridad de cada uno de los activos y por el otro lado se busca de manera constante optimizar la operación trabajando dentro de las guías de control. (API 584, 2014)



**Ilustración 5-2;** Ventanas operativas y de integridad.

Una vez el proceso opere de manera estable dentro de las guías de control, decimos que el negocio está operando de manera eficiente, maximizando su rentabilidad.

En cuanto al elemento de Integridad Mecánica hemos concluido que:

1. La Alta Gerencia debe movilizar a todas las áreas técnicas (Gerencia Técnica, Gerencia de Operaciones y Gerencia HSE) de la organización a realizar de manera concienzuda el ejercicio de criticidad de sistemas, equipos y componentes.
2. La Alta Gerencia de la mano de la Gerencia de Mantenimiento, debe priorizar sus recursos de mantenimiento hacia la gestión de los equipos críticos por seguridad de procesos.
3. La gestión de la Gerencia Técnica debe estar enfocada sobre equipos críticos por ASP, dando cumplimiento al 100% de los planes de inspecciones, pruebas y mantenimiento preventivo de los equipos críticos por ASP.

Además el modelo de Gestión de activos de la compañía debe ser desarrollado bajo los lineamientos de seguridad de procesos para que ambos cumplan su misión; que es el de sacar el mayor provecho de los activos y tratar de prolongar su vida útil, pero de manera segura y confiable.

Aunque existen otros modelos de Gestión orientados al Gerenciamiento de activos industriales, al riesgo afectación el medio ambiente y al riesgo de afectación de las personas; cada una de esta le da un enfoque casi que individual. Los Modelos de Gerenciamiento de la seguridad de Procesos apuntan a estos tres objetivos (activos, personas y medioambiente) e integra los demos modelos de Gestión que no son mutuamente excluyentes.



**Ilustración 5-3;** Relación modelo ASP con Modelos complementarios.

Concluimos que si la Alta Gerencia tiene implementados modelos de Gestión de Activos, Seguridad Industrial y Protección al medio ambiente, estos apalancan el proceso de implementación de un modelo de Administración de Seguridad de Procesos mucho más sólido.

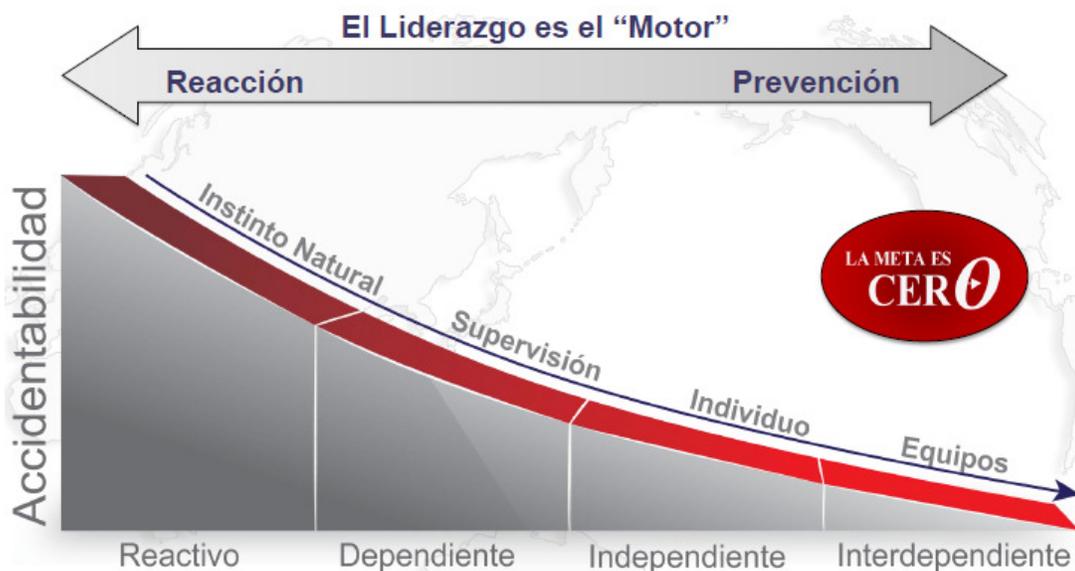
Otra conclusión importante es el foco que debe hacer la Alta Gerencia a la Gestión de contratistas. Los contratistas hacen parte de la operación rutinaria dentro de la industria de procesos; por lo cual se debe incluir dentro de los planes de Gestión para que trabajen de manera mancomunada conociendo los peligros y riesgos a los que se exponen y desarrollar procedimientos para que sus actividades no introduzcan nuevos riesgos a los procesos.

La implementación por parte de la Alta Gerencia de un sistema de gerenciamiento de control del cambio es de suma importancia, puesto que es la única manera de evitar que se degrade el diseño original en el cual se evaluaron los riesgos de la operación. Un sistema de control o manejo del cambio, obligaría al análisis de los nuevos riesgos que introduciría el cambio, optimizando de ser necesario, las barreras del sistema. Ahora bien, el reto de la Gerencia estará

orientado al cambio cultural; hasta lograr en el ejecutor la conciencia necesaria de no realizar ninguna modificación sin antes evaluar los respectivos riesgos.

Para lograr la mejora continua, se hace necesario implementar un sistema que identifique de manera temprana fallas en el sistema de gestión de ASP y que reporte y documente incidentes ocurridos. Esto genera lecciones aprendidas que evitan en un futuro repetir fallas similares. En este proceso se debe definir un establecer muy bien el alcance de la investigación, involucrar a personal competente, monitorear las prácticas de investigación de incidentes, asegúrese de que todos los incidentes sean reportados, iniciar investigaciones lo más pronto posible, realizar la recolección de datos, usar las técnicas adecuadas para el análisis de los mismos, hacer el respectivo RCA<sup>66</sup>, desarrollar recomendaciones efectivas vinculando de manera clara las causas con las recomendaciones, ejecutar estas recomendaciones, comunicar resultados y hallazgos a los interesados, mantener los registros de las investigaciones, registrar todos los incidentes reportados y analizar las tendencias de incidentes.

Concluimos que la Alta Gerencia debe incluir en su modelo de Gestión ASP la realización de auditorías internas, si quiere tener un modelo clase mundo que apunte a “cero accidentes”.



**Ilustración 5-4;** Evolución de la cultura de Seguridad de Procesos (Curva Bradley).

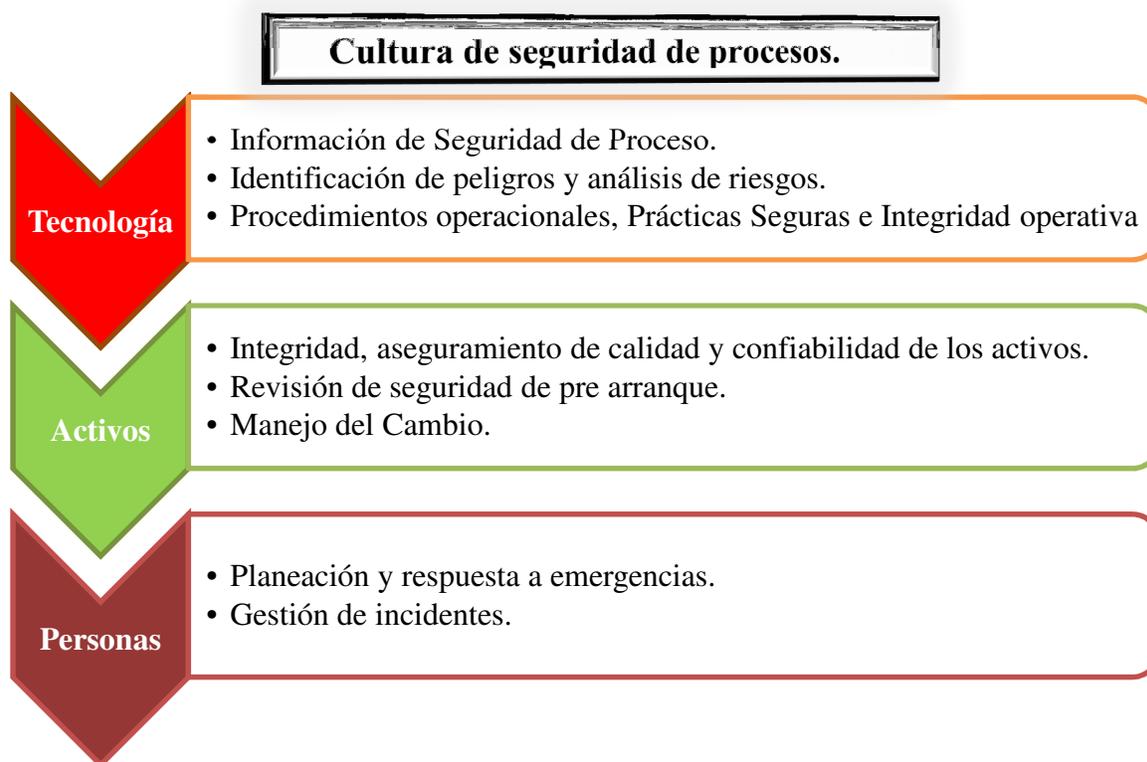
Se concluye que en el plan de implementación de los modelos ASP, la Alta Gerencia debe hacer las evaluaciones periódicas para establecer el grado de madurez en el que se encuentra el

<sup>66</sup> Root Cause Analysis. El análisis de causa raíz es un método usado para resolver de manera definitiva problemas, eliminando los defectos luego de la identificación de las causas.

modelo Administrativo de ASP. El objetivo debe ser un modelo que logra el “cero accidente” gracias al trabajo en equipo orientado a la prevención de manera interdependiente.

La Alta Gerencia debe estar preparada para reaccionar ante cualquier emergencia; esta es considerada la última barrera luego de que se materializa el peligro. La Gerencia de Operaciones debe procurar por el entrenamiento de los operadores, puesto que esta es la primera línea de defensa. La prevención y respuesta a emergencia debe ser un elemento obligatorio dentro de todo modelo de Gestión ASP. Entendiendo este como la última barrera de mitigación de un incidente independientemente de su nivel de consecuencia.

Concluimos que los elementos críticos en un modelo de Gerenciamiento de seguridad de procesos son:



**Ilustración 5-5;** Elementos Críticos de Seguridad de Procesos.

## 6 Bibliografía

*Departamento de trabajo de los Estados Unidos*. (1 de Julio de 2015). Obtenido de <https://www.osha.gov/workers-spanish/index.html>

*www.aiche.org*. (10 de mayo de 2015). Obtenido de [www.aiche.org](http://www.aiche.org):  
<http://www.aiche.org/ccps/about>

*www2.epa.gov*. (10 de Mayo de 2015). Obtenido de [www2.epa.gov](http://www2.epa.gov):  
<http://www2.epa.gov/aboutepa/our-mission-and-what-we-do>

API 584. (2014). *Integrity Operating Windows API RECOMMENDED PRACTICE 584 FIRST EDITION*.

Bureau Veritas. (s.f.). *Gestión de la seguridad de los procesos*. Mexico, Mexico.

CCPS. (s.f.). *Guidelines for Risk Based Process Safety*.

Cliff, D. (2012). La gestión de la Salud y Seguridad Ocupacional en la Industria Minera de Australia. *International Mining for Development Centre*, 4-5.

CMA. (1985). Chemical Manufacturers' Association.

CSCHE. (9 de agosto de 2015). <http://www.cheminst.ca/>.

Drucker, P. (s.f.).

ECOPETROL. (2011). Guía ECP-DHS-G-019. *ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD DE PROCESOS*.

Gracia, S. d. (1998). *Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras. Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño*. Madrid: Mc Graw Hill.

Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos. (21 de Septiembre de 2015). [www.unizar.es/guiar](http://www.unizar.es/guiar). Obtenido de <http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/Flix.htm>

Hammer, W. a. (2001). *Occupational Safety Management and Engineering*. Upper Saddle River, New Jersey.: Prentice Hall.

ILO. (s.f.). PROCESADO QUIMICO VOLUMEN 77. En *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*.

King, R., & Hirst, R. (1998). *KING'S SAFETY IN THE PROCESS INDUSTRIES* (Segunda ed.). Winnipeg, Manitoba, Canada: Wuerz Publishing Ltd.

Llopart, S. C. (s.f.). BASES DE DATOS sobre accidentes industriales en los que han intervenido sustancias peligrosas. *PREVENCIÓN N° 155*.

MARSH. (2014). The 100 Largest Losses 1974-2013. *The 100 Largest Losses*, 25.

Murra, M. (2008). *A Canadian Perspective of the History of Process Safety*.

NOM-028. (2012). NORMA Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas. México.

Petersen, D. (1975). *Safety Management: A Human Approach*. Aloray Publishers, Englewood Cliffs.

Q.-B.Lu. (19 de Marzo de 2009). Correlation between Cosmic Rays and Ozone Depletion.

Robens, L. (1972). *Safety and Health at Work*. London: HM Stationery Office.

S.I. 1982, No. 1357. (s.f.). Notification of Installations Handling Hazardous Substances 1982, HMSO. London.

S.I. 1984, No. 1902. (s.f.). Control of Industrial Major Accident Hazard Regulations 1984. London.

S.I. 1988, No. 1657. (s.f.). Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1988. London.

S.I. 1992, No. 2051. (s.f.). *Management of Health and Safety at Work Regulations 1992*, HMSO. London.

S.I. 1992, No. 2793. (s.f.). *Manual Handling Regulations 1992*. London.

S.I. 1992, No. 2932. (s.f.). Provision and Use of Work Equipment Regulations 1992, HMSO. London.

S.I. 1992, No. 3004. (s.f.). Workplace Safety and Welfare Regulations 1992. London.

S.I. 1992, No. 3073. (s.f.). Supply of Machinery (Safety) Regulations 1992. London.

S.I. 1992, No.2966. (s.f.). Personal Protective Equipment at Work Regulations 1992, HMSO. London.

SAMPIERI, R. (1998). *Metodología de la investigación* (Segunda ed.). México: McGraw Hill.

Santamaría, J. (1994). *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*. Madrid : Ed. MAPFRE.

SEVESOIII. (4 de julio de 2012). Directiva 2012/18/UE del parlamento europeo y del consejo.

U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. (2000). OSHA 3132 . *Process Safety Management* .

## 7 Anexos 1 (Casos Históricos)

### 7.1 Flixborough

En junio de año 1974, la planta de Flixborough Works de Nypro Ltd. Fue destruida por una gran explosión. La consecuencia fue de 28 trabajadores muertos y 36 sufrieron con heridas graves. Además hubo grandes pérdidas económicas por daños a instalaciones, ya que casi toda la planta fue devastada. Este accidente tuvo su origen en la planta de producción de caprolactama.

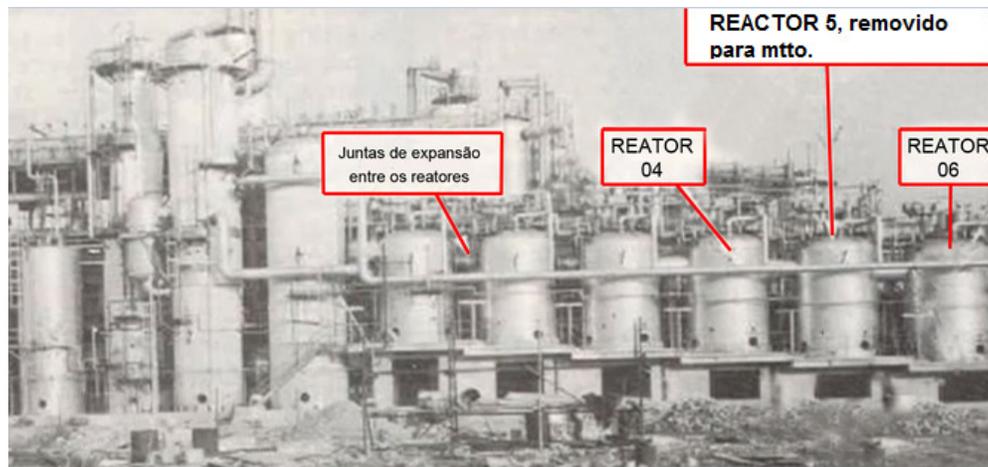


**Ilustración 7-1;** Destrucción de planta en Flixborough.

El proceso es exotérmico y se realiza en unos reactores donde se tiene una atmósfera explosiva que es inertizada con inyección de nitrógeno. Antes de la ocurrencia del accidente, se evidenció una fuga en uno de los reactores producto de una fisura. Sin un análisis de riesgos ni un proceso de gestión de cambio, el personal de mantenimiento con el consentimiento de la gerencia de producción procedió a remplazar este reactor por un ducto tipo "by-pass" que unía los reactores antecesor y predecesor al eliminado. Y fue precisamente este ducto el que falló, produciendo un escape de aproximadamente 40 Tm de ciclohexano, formando una nube inflamable que explotó inmediatamente.

Las consecuencias fueron:

- Destrucción total de la unidad de caprolactama.
- 28 muertos, 36 heridos de gravedad y cientos de afectados con heridas menores.
- Daños a empresas vecinas y vecindarios aledaños.
- Extensión de los daños a otras instalaciones cercanas.



**Ilustración 7-2;** Esquema de operación de los reactores.

#### Análisis de las causas del accidente.

Las investigaciones conducen a que fue el tubo con el que reemplazaron el reactor el que falló por sobre presión. Sin embargo los fallos detectados de tipo organizacional y de gestión de seguridad de procesos agravaron la situación. Entre estos destacamos:

No se encontró información respecto a la modificación realizada, ni ingeniería detallada y una clara violación a los códigos de diseño.

El personal encargado del diseño no era competente para tal actividad; además la Gerencia nunca contó con personal que gestionara los cambios en la unidad y vigilará este tipo de acciones.

El modelo de gestión que gobernaba la Alta Gerencia y la Gerencia de niveles medios (operaciones y mantenimiento) tenía como prioridad la producción por encima de la seguridad de procesos; puesto que no existía un modelo de gestión ASP. Lo anterior redundó en la falta de gestión de las modificaciones.

#### Lecciones aprendidas.

Se hace absolutamente importante la existencia de las legislaciones estatales que regulen sobre empresas que manejen riesgos de accidentes graves. Además la ubicación geográfica de este tipo de compañías también deben estar legisladas y prohibir la invasiones o creación de poblaciones cerca a estas instalaciones.

La industria expuesta a accidentes catastróficos debe tener un modelo de gestión de seguridad de procesos, que genere la cultura disciplina operativa, con procedimientos operacionales

establecidos, con personal entrenado y con una gestión o control de cambios bajo el uso de códigos y normas de diseño que garanticen un manejo seguro de las instalaciones. Lo anterior priorizaría la seguridad sobre la producción. (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos, 2015)

## 7.2 Seveso, Italia, 1976

En julio de 1976, un reactor de la planta Icmesa Chemical Company en Seveso (Italia), se genera una emisión de sustancias tóxicas entre las cuales estaba una de muy alta toxicidad como lo es la dioxina (TCDD<sup>67</sup>). Esto desató un gran accidente de seguridad de procesos por las múltiples intoxicaciones y los daños generados al medio ambiente.

En la planta de ICMESA, fabricaba pesticidas y plaguicidas y estaba ubicada en Seveso, Italia. Como insumo se utilizaba una sustancia tóxica tetraclorobenceno la cual generaba una reacción altamente exotérmica que al terminar se adicionaba ácido clorhídrico.

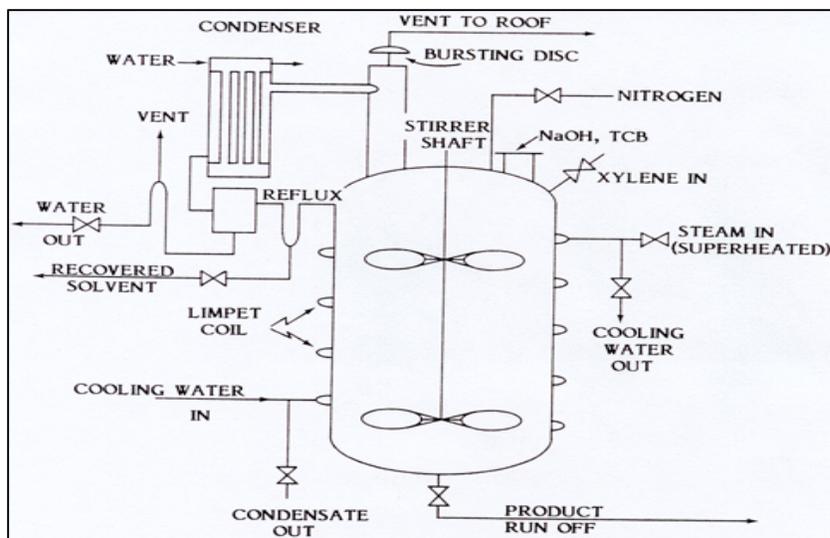
El dispositivo de seguridad del reactor era un disco de ruptura que descargaba directo a la atmósfera. Como subproducto de esta reacción se obtenía otra sustancia como lo es el TCDD que es el más tóxico de todas las dioxinas. Las reacciones en este tipo de planta son por bache, el día anterior al accidente se inició el proceso pero no culminó dejándolo para el día siguiente donde finalmente se generó una reacción exotérmica de tipo runaway<sup>68</sup>, esto generó un aumento súbito de la presión accionando el disco de ruptura. En este momento se inicia el mayor de los desastres industriales de la historia con la descomunal emisión de una gran nube tóxica con altas concentraciones de TCDD (3.500 ppm).

Alrededor de mil ochocientas hectáreas fueron cubiertas por esta nube tóxica afectó a más de 800 personas. El dastre ambiental y la afectación a las personas fue tan grande que aún se tienen consecuencias de tal evento.

---

<sup>67</sup> La tetraclorodibenzo-p-dioxina, llamada habitualmente TCDD, es un compuesto orgánico persistente de la rama de las dioxinas.

<sup>68</sup> Reacciones químicas o físicas ya sean deseadas o indeseadas que se auto aceleran en un proceso descontrolado al producirse una generación de calor mayor que la capacidad de refrigeración del sistema.



**Ilustración 7-3,** Esquema de operación de la planta Icmesa en Seveso.

#### Análisis de las causas del accidente.

El evento límite que el runaway del reactor y el origen de esto pudo haber sido causado por: la interrupción del bache de producción sin intervenir por varios días; o por una variación en el orden del proceso productivo de la patente original; o fallos operacionales en el proceso de neutralización o definitivamente un mal diseño de la barrera de protección como lo es un disco de ruptura que alivia sumancias tóxicas al ambiente.

#### Lecciones aprendidas.

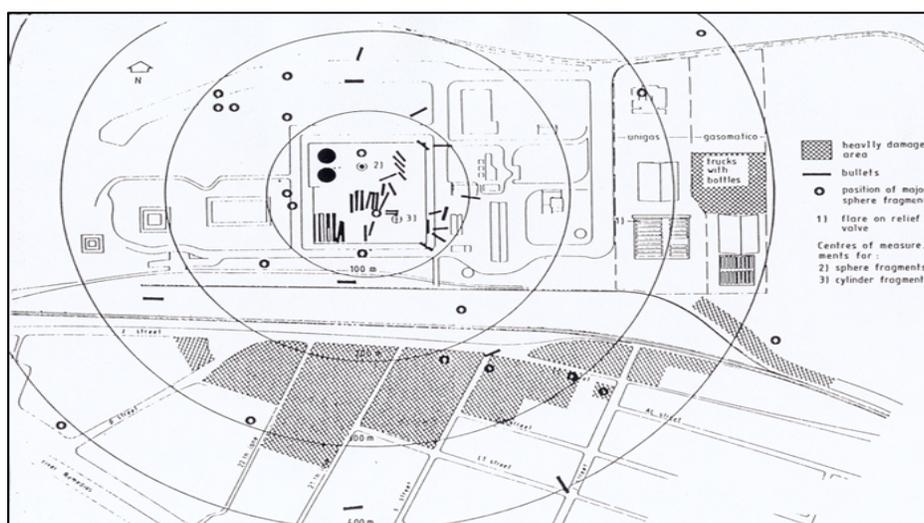
Se hace absolutamente importante la existencia de las legislaciones estatales que regulen sobre empresas que manejen riesgos de accidentes graves. Además la ubicación geográfica de este tipo de compañías también deben estar legisladas y prohibir la invasiones o creación de poblaciones cerca a estas instalaciones.

En los análisis de riesgos se debe evitar al máximo el uso de sustancias extremadamente tóxicas y si finalmente el diseño lo contempla como última opción, la Gerencia debe evaluar todos los controles de los mismos mitigando sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia. Así mismo debe suceder con aquellos procesos que produzcas reacciones incontroladas. Estas deberán ser sometidas a controles de ingeniería que mitiguen tal evento. Lo anterior obliga a la Gerencia General a implementar un modelo de ASP que involucre el concepto de diseños seguros de plantas de proceso.

Finalmente pero no menos importante, tenemos que la Gerencia de toda planta industrial tiene que contar con un modelo de preparación y respuesta a emergencia que ataque tales eventos para mitigar como última barrera los accidentes o incidentes de seguridad de procesos.

### 7.3 San Juan de Ixhuatepec, México DF, México, 1984

La zona de almacenamiento de GLP de PEMEX en de San Juan de Ixhuatepec, fue el sitio donde se desencadenó una serie de incendios y explosiones que cobraron la vida de más de 500 personas y ocasionaron la devastación de prácticamente todos los activos de la compañía. Ese noviembre de 1984, quizás uno de los peores días de la industria del petróleo de México.



**Ilustración 7-4,** Zonas afectada por accidente en PEMEX.

Luego de que se generara una nube inflamable de más de 2 hectáreas por la pérdida de contención en una de tubería de 8", esta hizo contacto con un punto caliente que finalmente inicio el incendio. La UVCE<sup>69</sup> generó gran incendio de gran magnitud que afectó viviendas aledañas y desató múltiples explosiones por afectación a tanques aledaños por BLEVES<sup>70</sup>.

<sup>69</sup> Deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de 1 bar en la zona de ignición.

<sup>70</sup> acrónimo inglés de "boiling liquid expanding vapour explosion" (explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido). Este tipo de explosión ocurre en tanques que almacenan gases licuados a presión y sobrecalentados, en los que por ruptura o fuga del tanque, el líquido del interior entra en ebullición y se incorpora masivamente al vapor en expansión.



**Ilustración 7-5,** Imágenes del accidente en PEMEX en San Juan de Ixhuatepec.

Análisis de las causas del accidente.

Tal como lo mencionamos anteriormente, el sobrellenado de uno de los recipientes sobre presionó una de las tuberías de GLP que terminó fallando por la no actuación de los dispositivos de seguridad ocasionando la pérdida de contención.

Lecciones aprendidas.

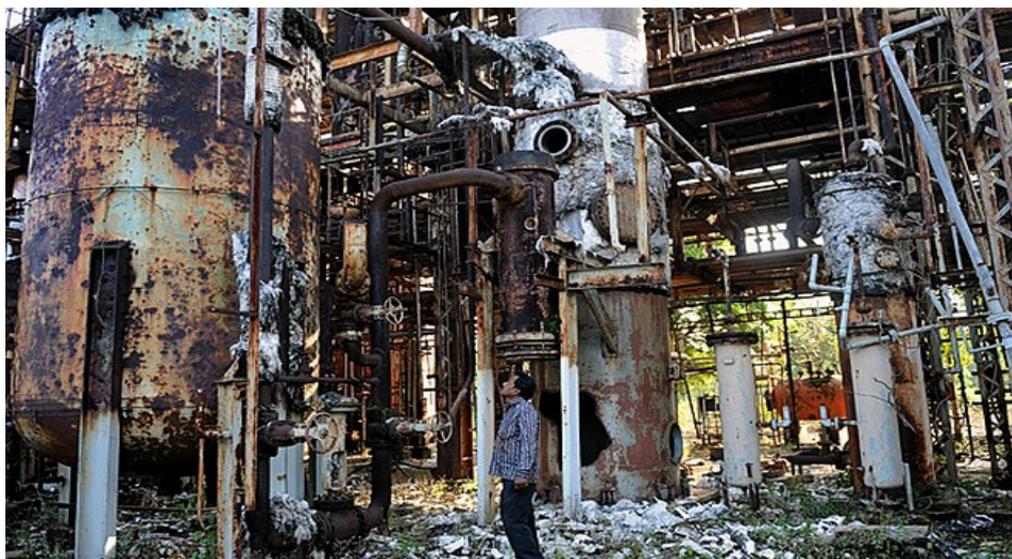
Se hace absolutamente importante la existencia de las legislaciones estatales que regulen sobre empresas que manejen riesgos de accidentes graves. Además la ubicación geográfica de este tipo de compañías también deben estar legisladas y prohibir la invasiones o creación de poblaciones cerca a estas instalaciones.

La Gerencia de toda planta industrial tiene que contar con un modelo de preparación y respuesta a emergencia que ataque tales eventos para mitigar como última barrera los accidentes o incidentes de seguridad de procesos.

La planta no contaba con un sistema de protección de grandes de almacenamiento de GLP; ni con sistemas de detección de gases; paros de emergencia. La Gerencia debe evaluar todos los controles de ingeniería en el almacenamiento de GLP o productos combustibles, mitigando las consecuencias de incendio o explosión sus probabilidades de ocurrencia. Lo anterior obliga a la organización a implementar un modelo de ASP que involucre el concepto de diseños seguros de plantas de proceso.

#### 7.4 Accidente De Bhopal, India, 1984

En diciembre de 1984, la india sufrió el desastre industrial considerado por muchos expertos como el más devastador de toda la historia. Este hecho ocurrió en las instalaciones de Union Carbide ubicada en la ciudad de Bophal que tenía a esa fecha una población de 800.000 habitantes. La liberación de una nube tóxica de isocianato de metilo (MIC<sup>71</sup>) produjo cerca de 4000 muertos más de 180.000 heridos y afectados, es decir más del 25% de la población se vio afectado por este accidente de seguridad de procesos.



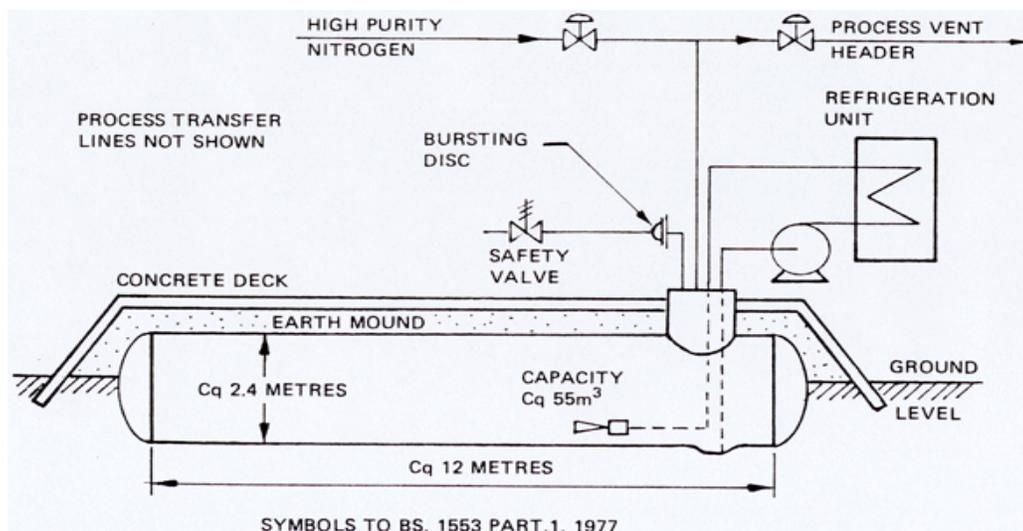
**Ilustración 7-6,** Imágenes del desastre en India. Muchos autores lo consideran el peor desastre de toda la industria química.

El isocianato de metilo MIC, es un producto altamente tóxico y muy reactivo utilizado en la fabricación de insecticidas. Este producto era bombeado a tanques de almacenamiento que estaban bajo tierra y con un recubrimiento en cemento. Como barrera de protección original este tenía un sistema refrigerado con sus indicadores, alarmas y controladores de presión y temperatura, además de un sistema de alivio de presión (válvula de seguridad y disco de ruptura) que llevaba el producto liberado a un neutralizador del MIC o de manera alternativa a la quema en TEA.

A pesar de lo anterior, un equipo de auditores de seguridad detectando múltiples fallas como la remoción del el sistema de refrigeración, falencias en las barreras de seguridad, corrosión, etc.

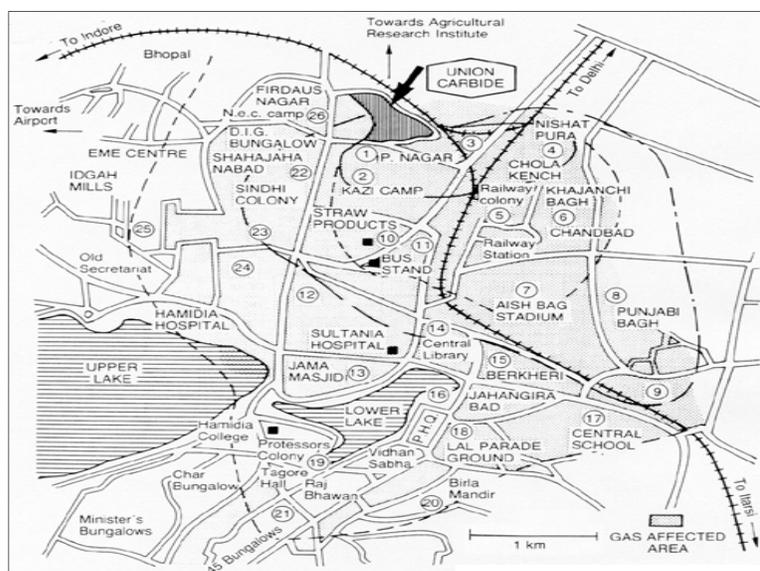
---

<sup>71</sup> El isocianato de metilo es un compuesto orgánico con fórmula molecular  $C_2H_3NO$ . Su principal uso industrial es la fabricación de pesticidas.



**Ilustración 7-7,** Esquema de operación de la planta Union Carbide India Ltd de Bhopal.

Por tres años seguidos del 1981 al 1984 hubo varios accidentes que incluso cobraron la vida de varios trabajadores. Sin embargo, fue a finales de 1984 que aconteció lo predecible. Un aumento de presión y temperatura hizo que se disparara la válvula de seguridad que ante deficiencia del sistema neutralizador y una TEA fuera de servicio, 25 toneladas de MIC fueron emitidos a la atmosfera generando una enorme nube tóxica que se dirigió a una población cercana que en tan solo 4 minutos cobro la vida de más de 150 personas y mas de 5.000 heridos de gravedad.



**Ilustración 7-8,** Zonas de impacto por accidente en Bhopal.

### Análisis de las causas del accidente.

Las fallas en el sistema de refrigeración, del sistema de neutralización, del sistema de TEA e inexistencia de sistemas de retro flujo del sistema de lavado fueron las causas de tal accidente.

### Lecciones aprendidas.

Se hace absolutamente importante la existencia de las legislaciones estatales que regulen sobre empresas que manejen riesgos de accidentes graves. Este desastre fue quizás el que más sacudió a la industria norteamericana quienes no habían reaccionado tan fuerte ante los accidentes de Flixborough y Seveso.

Al igual que en los casos anteriores la ubicación geográfica de este tipo de compañías también deben estar legisladas y prohibir la invasiones o creación de poblaciones cerca a estas instalaciones.

Gestionar y controlar los riesgos en productos tóxicos e instalaciones de almacenamiento. Los riesgos derivados del manejo de productos altamente tóxico no son valorados por la Gerencia como deben ser, especialmente si existe la probabilidad de emisiones accidentales a la atmosfera. Igualmente se menosprecia el riesgo a instalaciones de almacenamiento de producto.

El Gerenciamiento ASP debe tomar relevancia; nuevamente se prioriza la producción frente a la seguridad. Las investigaciones demuestran que la disminución de algunas de las medidas de seguridad se debió a la reducción de costos por la Gerencia.

Y por último nuevamente sale a relucir la obligatoriedad de una planificación de respuesta a emergencias. Se hizo evidente la inexistencia de un plan de respuesta en la compañía y en las autoridades locales.

## **7.5 Cubatao, Brasil, 1984**

Petrobras también fue víctima de un desastre de seguridad de procesos. Echo que sucedió en febrero de 1984 en el oleoducto que cruzaba por Cubatao, Brasil. El resultado fue de más de 500 personas fallecidas producto de un incendio ocasionado por un derrame de crudo que se extendió por la población.

Fueron aproximadamente 700 toneladas de crudo que fugó de un oleoducto de más de 30 años de uso y que atravesaba una población de 10.000 habitantes aproximadamente. Al parecer los

directivos de la empresa Petrobras habían denunciado el hecho del asentamiento ilegal de la población ante las autoridades.



**Ilustración 7-9,** Imágenes del desastre en Brasil.

Cuando el oleoducto falla aparentemente por sobrepresión del sistema, este pierde su contención y el fluido inflamable se extiende a través de un cuerpo de agua que se estaba por debajo de las casas del improvisado asentamiento que minutos más tarde desaparece por completo producto de un devastador incendio. la brigada de emergencia tardó más de media hora en llegar al lugar de los hechos, cuando ya todo era cenizas.

## **7.6 Guadalajara, México, 1992**

México, que ya ha sido víctima de varios desastres de seguridad de procesos; es golpeado nuevamente en abril del 1992, mas precisamente en la ciudad de Guadalajara. El evento que ha sido llamado el infierno de Guadalajara, ocurre por una pérdida de contención de una tubería subterránea que transportaba gasolina a alta presión desde la planta de Pemex ubicada en Guadalajara hasta una estación en Salamanca ubicada a 200 Km. En unos de los puntos, esta tubería sufre un fenómeno denominado corrosión galvánica, donde por contacto con otro metal de composición química deferente, se produce una pérdida de material hasta abrir un orificio. La gasolina finalmente sale e inunda la alcantarilla que atraviesa la ciudad y propaga la nube combustible a través de sus ducto por 8 kilómetros.

Una vez sale la nube inflamable a la ciudad, está encuentra una chispa que desata multiples explosiones a lo largo de las carreteras mexicanas.



**Ilustración 7-10,** Imágenes del desastre en Jalisco.

Estas explosiones abren literalmente el pavimento y destruyen más de 1.500 edificios, 500 vehículos y cobran la vida de más de 200 personas resultaron muertas. Los damnificados fueron de aproximadamente 7.000 personas.

### **7.7 Toulouse, Francia, 2001**

La empresa de fertilizantes Azote Fertilisants (AZF) ubicada a unos 3 kilometros de Toulouse sufrió una explosión en sus instalaciones de almacenamiento de nitrato de amonio en septiembre de 2001. Este accidente revelo el gran peligro asociado al almacenamiento de este producto y a fertilizantes a base de nitrato de amonio.

En la zona de almacenamiento del producto aparentemente no existía detectores de humo y a pesar que el riesgo de incendios había sido analizado en las instalaciones; el riesgo de explosión había sido considerado insignificante.

La explosión dejo un cráter de aproximadamente 40 metros de diámetro y 7 de profundidad. Esto destruyó gran parte de la empresa, cobró la vida de 30 personas, dejando 2.500 heridos y contaminando el rio Garoña.



**Ilustración 7-11,** Imágenes del desastre en Toulouse.

Análisis de las causas del accidente.

Oficialmente se determinó que el accidente fue ocasionado por una combinación accidental entre el nitrato de amonio y el dicloroisocianurato de sodio (DCCNa), lo que generó la explosión.

Lecciones aprendidas.

La Gerencia debe incluir a los contratistas dentro de un sistema de gestión de ASP. La gestión de contratista es un elemento del sistema de Gerenciamiento de seguridad de procesos que redunda en un mejor control sobre empresas subcontratadas para realizar actividades relacionadas a la operación. El almacenamiento productos terminados generalmente se hace a través de outsourcing y esta vez no fue la excepción.

La importancia de la gestión de riesgos ha demostrado ser una de los elementos vitales de un modelo de Administración de la Seguridad de Procesos. La Gerencia debe liderar el desarrollo de este elemento exigiendo la gerencia media la información actualizada y manteniendo informado a los trabajadores sobre los peligros asociados al proceso y de las consecuencias del mal manejo de estas sustancias. Estos peligros y riesgos también deben ser comunicados a la población cercana para que conozcan los procedimientos de emergencia que deben ejecutar en caso de materializarse el peligro.

## 7.8 Puertollano, España, 2003

España no se libró de los accidentes de seguridad de proceso y fue en agosto de 2003 que se produjo una explosión en la refinería de Repsol que está ubicada en Puertollano. Esta explosión dejó un saldo de 9 muertos. Un trasiego de gasolina liviana a uno de los tanques generó el levantamiento del techo del tanque dada la existencia de gases que contenía la gasolina; y que a la postre alcanzaron un punto caliente produciendo el incendio, que muy rápidamente fue propagado a siete tanques de gasolina cercanos.



**Ilustración 7-12,** Imágenes del desastre en REPSOL.

La brigada tardó más de 2 días en apagar el incendio, que finalmente cobró la vida de 9 la destrucción de la zona de tanques cuya suma ascendió a más de 50 millones de euros.

### Análisis de las causas del accidente.

Por causa de la salida de control de unas de las variables de proceso en la operación de la unidad de craqueo catalítico, se generó que un flujo anormal de gases llegara a los tanques de almacenamiento de gasolina, los cuales no estaban diseñado para tal evento. Estos gases acumulados en el tanque de gasolina levantaron el techo flotante del mismo, generando una nube de gas inflamable, que luego explotó e incendió el tanque de gasolina. Este incendio se propagó a otros siete tanques de gasolina ubicados en el mismo cubeto.

Además se evidenció que el análisis de riesgos de la planta no estaba terminado. Este accidente puso en evidencia la imperativa necesidad de reforzar los principios fundamentales de la gestión de la seguridad de procesos en sus instalaciones. Según un estudio comparativo

realizado por empresas de diseño y construcción de plantas de cracking, las instalaciones de REPSOL carecían de sistemas de control y seguridad a los utilizados en otras plantas industriales similares.

#### Lecciones aprendidas.

Similar a las anteriores experiencias, tenemos que:

La Gerencia debe incluir dentro de sus modelos administrativos y prioridades de gestión, un esquema basado en la gestión de riesgos que detecte con certeza los riesgos asociados a este tipo de instalaciones.

Los empleados deben identificar las señales de una mala operación y las fallas de sus sistemas o equipos críticos de seguridad de procesos. Para ello la Gerencia basado en un modelo de Gerenciamiento ASP debe entrenar a sus operadores, establecer procedimientos operativos, ventanas operacionales y procedimientos de emergencia para solventar cualquier inestabilidad en las unidades donde son llevadas a cabo las operaciones. Además la gerencia debe implantar un proceso de auditoría donde se lleven a cabo las prueba de los sistemas de gestión y asegure la efectividad del modelo.

### **7.9 Buncefield, Reino Unido, 2005**

En Diciembre del 2005 tuvo lugar la explosión en el complejo de "Buncefield Oil Storage Depot". Esta terminal se encontraba ubicada en el condado de Hertfordshire (Inglaterra), al norte de Londres y se encontraba en una zona industrial.

Por fortuna no hubo pérdidas humanas (solo 40 heridos); sin embargo la devastación de la explosión fue grande que destruyó todo el parque de almacenamiento afectando a 20 tanques y produciendo daños importantes al medioambiente.

#### Análisis de las causas del accidente.

Aunque la falla inmediatamente evidenciada fue el diseño inadecuado y, la falta de mantenimiento de las barreras de protección que hubiesen evitado el sobrellenado del tanque que posteriormente desataría la primera de las múltiples explosiones; esta no fue la más relevante. Detrás hay unas que está directamente asociado a la cultura organizacional y al modelo de gestión utilizado en la empresa.



**Ilustración 7-13,** Imágenes del desastre en Buncefield.

La Gerencia de operaciones no disponía de información suficiente para manejar de forma apropiada el proceso de almacenamiento de los hidrocarburos. El ambiente creado en la empresa era el de una cultura donde la operación era priorizada frente a la seguridad de procesos.

#### Lecciones aprendidas

Definitivamente la principal y más repetitiva lección aprendida de todos los accidentes en la de adoptar por parte de la Gerencia un modelo de Gerenciamiento basado en la Seguridad de los Procesos. Sin este no se puede garantizar la continuidad del negocio; por lo que confirmamos que bajo este modelo se debe implementar el elemento de gestión de riesgos de accidentes en equipos y sistemas críticos por seguridad de procesos. La Gerencia General debe garantizar la comprensión y compromiso con este modelo en todos los niveles de la organización.

La Gerencia de Operaciones debe implementar los elementos más relevantes en el día a día de la operación como los son la disciplina operativa y el desarrollo de los procedimientos operacionales para responder de forma rápida y efectiva a las variaciones de la operación.

La Gerencia debe garantizar tiempo y recursos a la gestión ASP. Cuando todo esto esté implementado, un proceso de auditoría interna pondrá a prueba el modelo y asegurará la mejora continua del modelo de Administración de Seguridad de Procesos.