

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO – ECUADOR**  
**UNIVERSIDAD DE HUELVA – ESPAÑA**

**Colegio de Postgrados**

**Diseño de un sistema de gestión de seguridad de procesos para  
instalaciones de producción de petróleo, integrado en el Modelo Ecuador.**

**Verdezoto Ocampo Glenfor Pepe**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Magister en  
Seguridad, Salud y Ambiente

Quito, diciembre de 2012

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - ECUADOR**

**UNIVERSIDAD DE HUELVA - ESPAÑA**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Diseño de un sistema de gestión de seguridad de procesos para instalaciones de producción de petróleo, integrado en el Modelo Ecuador.**

**Verdezoto Ocampo Glenfor Pepe**

Jaime Toledo, MSc.  
Director de Tesis

---

Carlos Ruiz Frutos, PhD.  
Director de la Maestría en Seguridad, Salud  
y Ambiente de la Universidad de Huelva y  
Presidente del Comité de Tesis.

---

José Antonio Garrido Roldán, MSc.  
Coordinador Académico de la Maestría en  
Seguridad, Salud y Ambiente de la Universidad  
de Huelva y Miembro del Comité de Tesis.

---

Luis Vásquez Zamora, MSc-ESP-DPLO-FPhD.  
Director de la Maestría en Seguridad, Salud  
y Ambiente de la Universidad San Francisco  
de Quito y Jurado de Tesis.

---

Gonzalo Mantilla, MD-MEd-FAAP.  
Decano de Colegio de Ciencias de la Salud.

---

Fernando Ortega Pérez, MD., MA., PhD.  
Decano de la Escuela de Salud Pública.

---

Víctor Viteri Breedy, PhD.  
Decano del Colegio de Postgrados.

---

Quito, diciembre de 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

-----

Nombre: Verdezoto Ocampo Glenfor Pepe

C. I.: 060213415-7

Fecha: 15 de diciembre de 2012.

## **Dedicatoria.**

A mi esposa Mónica, mi compañera, por su apoyo y amor.

A mis hijos Felipe, Andrés, Martín e Isabela, la continuación de mi existencia.

A mis padres Oswaldo y Elva por su sacrificio y guía.

## **Agradecimiento.**

Al Ing. Jaime Toledo por su invaluable guía profesional para el desarrollo del presente trabajo.

Al Dr. Luis Vásquez Z. por su liderazgo para llevar con éxito el desarrollo de la maestría.

A todos los dilectos profesores de la maestría por su vocación y esfuerzo en transmitir sus conocimientos y experiencia a nosotros sus alumnos.

## **Resumen.**

El presente trabajo de investigación propone y establece los lineamientos de un sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP), tomando como base los elementos, conceptos y requisitos del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud, e incorporando los correspondientes conceptos de seguridad de procesos tomados desde las mejores prácticas relacionadas de la industria de petróleo, gas y química.

Este trabajo se desarrolla con la finalidad de que, mediante la posterior implementación del sistema de gestión desarrollado, en una organización de producción de petróleo, se mejoren las condiciones de seguridad de sus operaciones, aportando de esta manera a garantizar la seguridad de su personal, instalaciones, público, ambiente, así como evitar costos relacionados a la ocurrencia de accidentes mayores de procesos.

El sistema de gestión propuesto no pretende reemplazar el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de una organización de producción de petróleo, sino establecer una base teórica y propositiva para complementar dicho sistema, mediante la inclusión de los conceptos de seguridad de procesos que se están aplicando internacionalmente en la industria de petróleo, gas y química, proveyendo de esta manera lineamientos para su posterior incorporación e implementación dentro del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de una organización de producción de petróleo.

La flexibilidad del Modelo Ecuador permite que se puedan incorporar dentro de las áreas macro de Gestión Administrativa, Gestión Técnica, Gestión del Talento Humano,

Procedimientos y Programas Operativos Básicos, elementos específicos relacionados a la seguridad de procesos, lo cual permite estructurar un sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP) aplicable a organizaciones de producción de petróleo.

## **Abstract.**

This research proposes and establishes guidelines for an integrated process safety management system (IPSMS), based on the elements, concepts and requirements of health and safety management system Ecuador Model, and incorporating relevant concepts related to process safety, which are taken from best practices of oil, gas and chemical industries.

This work is developed with the objective that, by the subsequent implementation of the guidelines developed in it, an organization related to the oil production industry, will improve the safety of its operations, contributing in this way to ensure the safety of its personnel, facilities, public, environment and, avoid costs related to the occurrence of major process accidents.

The proposed management system is not intended to replace the safety and occupational health management system of an oil production organization, but to establish a theoretical and recommended basis to improve the system, by including process safety concepts that are being applied internationally in the oil, gas and chemical industries, thus providing guidelines for further integration and implementation within the safety and occupational health management system of an oil production organization.

The flexibility of the Ecuador Model allows that specific elements related to process safety, can be incorporated into macro areas of Administrative Management, Technical Management, Human Resource Management, Basic Operating Procedures and Programs,

thus structuring an integrated process safety management (IPSMS) applicable to oil production organizations.

## Tabla de contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Introducción y objetivos. ....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Antecedentes. ....  | 1         |
| 1.2 Identificación del problema. ....   | 1         |
| 1.3 Justificación. ....   | 2         |
| 1.4 Objetivo general. ....  | 3         |
| 1.5 Objetivos específicos. ....   | 3         |
| 1.6 Metodología. ....   | 4         |
| 1.7 Población y muestra. ....   | 8         |
| 1.8 Tipo de estudio. ....   | 8         |
| 1.9 Recolección, procesamiento y análisis de datos. ....  | 8         |
| 1.10 Hipótesis. ....  | 9         |
| <b>2. Marco Teórico. ....</b>   | <b>10</b> |
| 2.1 Instalaciones de producción de petróleo. ....   | 10        |
| 2.2 Sistemas de gestión de seguridad de procesos. ....  | 17        |
| 2.3 Modelo Ecuador de Gestión en Seguridad y Salud. ....  | 29        |
| 2.4 Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos PSM de la Oficina de<br>Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). ....                            | 32        |
| 2.5 Marco de Alto Nivel para Gestión de Seguridad de Procesos del Instituto de<br>Energía (EI). ....  | 33        |
| 2.6 Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basado en Riesgo del Centro<br>para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS). ....                              | 34        |
| 2.7 Código de Seguridad de Procesos del Consejo Americano de Química (ACC).<br>36   | 36        |
| 2.8 Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones de<br>Producción de Petróleo y Gas en Tierra, del Instituto Americano de Petróleo (API).<br>37 | 37        |
| 2.9 Guía de Gestión de Seguridad de Procesos de la Sociedad de Ingeniería<br>Química de Canadá (CSCE). ....   | 38        |
| <b>3. Sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP). ....</b>   | <b>39</b> |
| 3.1 Introducción. ....  | 39        |
| 3.2 Gestión Administrativa ....   | 40        |
| 3.2.1 Política. ....  | 40        |
| 3.2.2 Cultura de seguridad de procesos (nuevo elemento). ....   | 41        |
| 3.2.3 Organización, liderazgo, compromiso y responsabilidad. ....   | 42        |
| 3.2.4 Planificación. ....   | 44        |
| 3.2.5 Integración – Implantación. ....  | 45        |
| 3.2.6 Verificación, Auditoría interna del cumplimiento de leyes, estándares de<br>la industria e índices de eficacia del plan de gestión. ....                  | 46        |
| 3.2.7 Control Administrativo de las desviaciones del plan de gestión, revisión<br>gerencial. ....   | 50        |
| 3.2.8 Mejoramiento Continuo, Medición del Desempeño e Información<br>Estadística. ....  | 50        |
| 3.3 Gestión Técnica. ....   | 58        |
| 3.3.1 Información y gestión del conocimiento del proceso (nuevo elemento). ....   | 58        |
| 3.3.2 Identificación de factores de riesgo. ....  | 62        |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.3.3  | Medición de factores de riesgo. ....   | 68  |
| 3.3.4  | Evaluación de factores de riesgo. ....   | 70  |
| 3.3.5  | Control Operativo Integral. ....   | 74  |
| 3.3.6  | Vigilancia ambiental y de la salud. ....   | 77  |
| 3.4    | Gestión del Talento Humano. ....   | 78  |
| 3.4.1  | Selección, ubicación y competencia del personal. ....  | 78  |
| 3.4.2  | Información interna y externa. ....  | 81  |
| 3.4.3  | Comunicación interna y externa. ....   | 82  |
| 3.4.4  | Capacitación y aseguramiento del desempeño. ....   | 82  |
| 3.4.5  | Adiestramiento. ....   | 84  |
| 3.4.6  | Incentivo, estímulo, motivación y participación de los trabajadores. ....                    | 85  |
| 3.4.7  | Factores humanos (nuevo elemento). ....  | 87  |
| 3.5    | Procedimientos y programas operativos básicos. ....  | 88  |
| 3.5.1  | Vigilancia de la salud de los trabajadores (vigilancia epidemiológica). ....                 | 89  |
| 3.5.2  | Investigación de accidentes, incidentes, y enfermedades profesionales. ....                  | 90  |
| 3.5.3  | Inspecciones y auditorías. ....  | 93  |
| 3.5.4  | Planes de emergencia y contingencia. ....  | 94  |
| 3.5.5  | Mantenimiento, confiabilidad y aseguramiento de calidad de las instalaciones. ....           | 95  |
| 3.5.6  | Equipos de protección individual y ropa de trabajo. ....                                     | 98  |
| 3.5.7  | Procedimientos de operación (nuevo elemento). ....   | 98  |
| 3.5.8  | Selección y manejo de contratistas y proveedores (nuevo elemento). ....                      | 100 |
| 3.5.9  | Disponibilidad operacional y revisión de seguridad previa al arranque (nuevo elemento). .... | 101 |
| 3.5.10 | Monitoreo y traspaso de estado del proceso y operacional (nuevo elemento). ....              | 102 |
| 3.5.11 | Conducta de operaciones (nuevo elemento). ....   | 104 |
| 3.5.12 | Prácticas seguras de trabajo (nuevo elemento). ....  | 105 |
| 3.5.13 | Manejo de cambios y manejo de proyectos (nuevo elemento). ....                               | 107 |
| 3.5.14 | Manejo de componentes críticos de seguridad (nuevo elemento). ....                           | 109 |
| 3.5.15 | Comunicación con partes interesadas (nuevo elemento). ....                                   | 111 |
| 3.5.16 | Secretos de marca (nuevo elemento). ....   | 111 |
| 3.5.17 | Emplazamiento (nuevo elemento). ....   | 112 |
| 3.5.18 | Salvaguardas múltiples (nuevo elemento). ....  | 114 |
| 4.     | Resultados. ....   | 117 |
| 5.     | Conclusiones y Recomendaciones. ....   | 129 |
| 5.1    | Conclusiones. ....   | 129 |
| 5.2    | Recomendaciones. ....  | 130 |

## Tabla de Figuras

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1. Esquema de un yacimiento de petróleo. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas IAPG, 2010) .....   | 11  |
| Figura 2. Estación central de producción de petróleo típica (Petroamazonas EP). .....   | 11  |
| Figura 3. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de crudo en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010).....                                  | 12  |
| Figura 4. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de agua en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010).....                                   | 13  |
| Figura 5. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de gas en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010).....                                    | 13  |
| Figura 6. Corte transversal de un desalador electrostático. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas IAPG, 2010) .....   | 14  |
| Figura 7. Tasa de falla de fuga externa de equipos de proceso. Elaborada por Autor. (SINTEF, 2002). .....   | 17  |
| Figura 8. Algunos accidentes mayores en la industria de petróleo y química. Elaborada por Autor. (Sutton, 2010).....  | 23  |
| Figura 9. Las 20 pérdidas económicas más costosas en la industria hidrocarburífera en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012).....                        | 27  |
| Figura 10. Pérdidas económicas en el sector de refinería en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012) .....   | 28  |
| Figura 11. Pérdidas económicas en el sector de petroquímica en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012).....   | 28  |
| Figura 12. Pérdidas económicas en el sector de terminales y distribución en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012).....                                  | 29  |
| Figura 13. Pérdidas económicas en el sector de extracción en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012).....   | 29  |
| Figura 14. Modelo de queso suizo estático y disco giratorio dinámico. (American Petroleum Institute API and American National Standards Institute ANSI, 2010) .....             | 53  |
| Figura 15. Indicadores de desempeño proactivos y reactivos. Elaborada por Autor. (American Petroleum Institute API and American National Standards Institute ANSI, 2010). ..... | 57  |
| Figura 16. Técnicas de identificación de riesgos aplicables durante el ciclo de vida de un proyecto (Sutton, 2010). .....   | 66  |
| Figura 17. Niveles tolerables de riesgo en varios países (Schmidt, 2007). .....   | 71  |
| Figura 18. Matriz cualitativa de riesgo: Severidad - Probabilidad. (American Petroleum Institute API, 2009) .....   | 73  |
| Figura 19. Matriz cuantitativa de riesgo: Severidad - Probabilidad. (Woodruff, 2005).....   | 73  |
| Figura 20. Medidas de mitigación para control de riesgos (American Petroleum Institute API, 2009). .....  | 76  |
| Figura 21. Principio ALARP de tolerabilidad al riesgo. (Schmidt, 2007). .....   | 77  |
| Figura 22. Causas de 89 incidentes de procesos reportados en el sistema PRIM Canadá, año 2004. (Amyotte, Goraya, & Hendershot, 2007). .....                                     | 93  |
| Figura 23. Comparación tabular del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.....                      | 117 |
| Figura 24. Comparación gráfica del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.....                      | 118 |
| Figura 25. Comparación gráfica del número de elementos comunes, por área de gestión, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....        | 119 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 26. Comparación gráfica del número de elementos no comunes, por área de gestión, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....  | 120 |
| Figura 27. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Administrativa, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....                                     | 121 |
| Figura 28. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Técnica, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....  | 121 |
| Figura 29. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Talento Humano, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....                                     | 122 |
| Figura 30. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Procedimientos y Programas Operativos Básicos, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor. ....              | 123 |
| Figura 31. Comparación tabular del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador, sistemas de gestión de seguridad de procesos y sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP). Autor. .... | 123 |
| Figura 32. Comparación gráfica del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador, sistemas de gestión de seguridad de procesos y sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP). Autor. .... | 124 |
| Figura 33. Ponderación para evaluación cualitativa de los sistemas de gestión. Autor. ...  | 125 |
| Figura 34. Evaluación cualitativa ponderada (representación gráfica tabular) de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad, salud y procesos. Autor. ....   | 125 |
| Figura 35. Evaluación cualitativa ponderada (representación gráfica de barras) de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad, salud y procesos. Autor. ....   | 126 |

## Tabla de Anexos

|  |     |
|--|-----|
| Anexo 1. Tabla comparativa del Modelo ecuador de gestión en seguridad y salud, con sistemas de gestión de seguridad de procesos.....   | 134 |
| Anexo 2. Modelo Ecuador de Gestión en seguridad y salud ocupacional: Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo. Resolución No. C.D. 390.....                                | 136 |
| Anexo 3. Sistema de gestión de seguridad de procesos PSM de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA 29 CFR 1910.119.....   | 139 |
| Anexo 4. Marco de alto nivel para gestión de seguridad de procesos del Instituto de Energía EI.....  | 151 |
| Anexo 5. Seguridad de procesos basado en riesgo del Centro para Seguridad de Procesos Químicos CCPS.....   | 163 |
| Anexo 6. Código de seguridad de procesos del Consejo Americano de Química ACC.....   | 165 |
| Anexo 7. Sistema de gestión de seguridad y ambiental para operaciones de producción de petróleo y gas en tierra. Práctica recomendada 75L del Instituto Americano de Petróleo API..... | 186 |
| Anexo 8. Guía de gestión de seguridad de procesos de Sociedad de Ingeniería Química de Canadá CSCE.....  | 196 |

## **1. Introducción y objetivos.**

### **1.1 Antecedentes.**

La seguridad de las personas, bienes y ambiente es una preocupación importante en la sociedad, así como en la industria, particularmente en los sectores de petróleo y química.

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), cada día mueren 6.300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, equivalente a 2,3 millones de muertes por año. Anualmente ocurren más de 337 millones de accidentes en el trabajo; muchos de estos accidentes resultan en absentismo laboral. El costo de esta accidentalidad diaria es enorme y se estima ser un 4 por ciento del producto interno bruto global de cada año.

### **1.2 Identificación del problema.**

Las industrias química y de petróleo se caracterizan por tener pocos accidentes relacionados con las instalaciones de proceso, pero cuando se producen, pueden ser de consecuencias mayores. Por ello los aspectos de seguridad de procesos deben tener una especial importancia en las etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento de dichas instalaciones de producción.

El presente trabajo pretende diseñar, elaborar los lineamientos de un sistema de gestión de seguridad de procesos, tomando como base los del Modelo Ecuador de Gestión en

Seguridad y Salud y, complementándolo con las mejores prácticas de la industria, con la finalidad de mejorar las condiciones de seguridad de las instalaciones de producción de petróleo y, por tanto garantizar la seguridad de su personal y el público, evitar afectación al ambiente, así como costos relacionados a la ocurrencia de accidentes. El sistema de gestión propuesto no pretende reemplazar el sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional de una organización de producción de petróleo, sino complementarlo con la inclusión de los conceptos de seguridad de procesos, proveyendo de esta manera una base teórica para su incorporación e implementación dentro del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de la organización.

### **1.3 Justificación.**

Justificación legal: En Ecuador existen en vigencia varios cuerpos legales que requieren que los empleadores adopten las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad, así como mantener en buen estado de servicio las instalaciones, máquinas, herramientas y materiales para un trabajo seguro. Entre dichos cuerpos legales se puede mencionar los siguientes: Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393), Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (Resolución 957), Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo Resolución No. C.D. 390 y, otros aplicables de acuerdo a la actividad específica para trabajos de construcción, eléctricos. Todos ellos requieren la implementación de medidas de prevención y control de los riesgos que pueden afectar al personal e instalaciones. El Convenio C174 y la Recomendación R181 sobre prevención de accidentes industriales mayores, promulgado por la Organización

Internacional del Trabajo OIT en 1993, requiere que los empleadores establezcan y mantengan un sistema de prevención de riesgos de accidentes mayores.

Justificación económica: Mediante la aplicación de los resultados del presente trabajo, las organizaciones podrán ser capaces de bajar los costos relacionados a la ocurrencia de accidentes de proceso en las instalaciones de producción de petróleo, y su posible afectación al personal, al público, impacto al ambiente, todo lo cual implica finalmente una reducción de los costos operacionales de la empresa.

Justificación social: Se pretende mejorar las condiciones de seguridad y salud del personal que labora en las instalaciones de producción de petróleo, mediante el diseño de un sistema cuya finalidad es prevenir la ocurrencia de accidentes mayores que tengan la potencialidad de afectar al personal que labora en dichas instalaciones, ayudando de esta manera a preservar su integridad.

#### **1.4 Objetivo general.**

El presente trabajo de investigación pretende elaborar un sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP), tomando como base el Modelo Ecuador de Gestión en Seguridad y Salud, integrando el componente de gestión de seguridad de procesos, para ser implantado como parte del sistema de gestión de prevención de riesgos laborales de empresas de producción de petróleo.

#### **1.5 Objetivos específicos.**

- a) Investigar los conceptos y las mejores prácticas de gestión de seguridad de procesos aplicadas en los sistemas de gestión de seguridad de procesos, en las industrias de producción de petróleo, gas y química.
  
- b) Diseñar un sistema de gestión de seguridad de procesos aplicable y específico para el manejo de los riesgos de las instalaciones de producción de petróleo, que incluya las mejores prácticas de las industrias de producción de petróleo, gas y química, integradas dentro de los elementos de gestión administrativa, gestión técnica, gestión de talento humano, actividades preventivas/operativas relevantes, provistas por el Modelo Ecuador de Gestión en Seguridad y Salud.

## **1.6 Metodología.**

Para el desarrollo de la presente investigación se seguirá la siguiente metodología:

- a) Se efectuará una investigación bibliográfica documental descriptiva, para obtener los sistemas de gestión de seguridad de procesos de mayor aplicación en la industria de petróleo, gas y química.
  
- b) Se analizará el contenido de los requerimientos de dichos sistemas de gestión.
  
- c) Se realizará una comparación y agrupación cualitativa de los requerimientos de los sistemas de gestión de seguridad de procesos, con los requerimientos del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud.

- d) Se otorgará una ponderación cuantitativa de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad considerando su grado de cumplimiento con los requerimientos del modelo Ecuador que es tomado como base.
- e) Se desarrollará, estructurará los lineamientos, requerimientos del sistema de gestión de seguridad de procesos integrados en el Modelo Ecuador, tomando los requerimientos de los sistemas de gestión estudiados.
- f) Se analizará los resultados obtenidos tanto en el aspecto cualitativo como cuantitativo.
- g) Se establecerá conclusiones del trabajo efectuado, así como recomendaciones para su posterior implementación.

En el desarrollo de la presente investigación se consultaron bases de datos técnicas y científicas tales como:

<http://www.ixquick.com/>

<http://www.scirus.com>

<http://www.scholar.google.com>

<http://www.altavista.com>

<http://www.uhu.es/biblioteca/>

<http://www.cdc.gov/niosh/softpg.html>

<http://www.osha.gov/as/opa/spanish/index.html>

<http://www.inchem.org/>

[http://www.ilo.org/dyn/cisdoc/index\\_html?p\\_lang=s](http://www.ilo.org/dyn/cisdoc/index_html?p_lang=s)

<http://www.refdoc.fr/>

[http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws\\_home](http://www.elsevier.com/wps/find/homepage.cws_home)

Se consultaron también las bases de datos disponibles en la biblioteca de la Universidad

San Francisco de Quito:

The World Bank e-library:

<http://elibrary.worldbank.org/>

The World Bank eAtlas of Global Development:

<http://issuu.com/world.bank.publications/docs/9780821385838>

Cengage Gale Infotrac:

[http://infotrac.galegroup.com/galenet/usfq\\_cons?cause=http%3A%2F%2Ffind.galegroup.com%2Fmenu%2Fcommonmenu.do%3FuserGroupName%3Dusfq\\_cons%26finalAuth%3Dtrue&cont=&sev=temp&type=session&sserv=no](http://infotrac.galegroup.com/galenet/usfq_cons?cause=http%3A%2F%2Ffind.galegroup.com%2Fmenu%2Fcommonmenu.do%3FuserGroupName%3Dusfq_cons%26finalAuth%3Dtrue&cont=&sev=temp&type=session&sserv=no)

EBSCO:

<http://search.ebscohost.com/Login.aspx?custid=s9933567&lp=custlogin.asp?custid=s9933567&ref=&authtype=ip,custid>

Ebrary:

<http://site.ebrary.com/lib/bibusfqsp/home.action>

JSTOR:

<http://www.jstor.org/>

Proquest:

<http://search.proquest.com/index>

SpringerLink:

<http://www.springerlink.com/journals/>

Taylor & Francis Online:

<http://www.tandfonline.com/>

También se consultó y obtuvo información valiosa respecto al tema de la investigación, en revistas técnicas especializadas en seguridad ocupacional y de procesos indexadas, tales como:

- Process Safety Progress publicada por el Instituto Americano de Química (AIChE).
- Journal of Loss Prevention in the Process Industries publicada por Elsevier.

- Process Safety and Environmental Protection publicada por Elsevier.
- International Journal of Reliability and Safety publicada por Inderscience Publishers.
- Safety Science publicada por Elsevier.

Para las búsquedas de información en las bases de datos se utilizaron palabras clave (tesauros) tanto en inglés y su respectiva traducción en español, tales como: chemical process safety, tolerable risk, process safety program, process safety Management, iso risk curve, risk curve, societal risk, risk petroleum industry, process safety management system, process safety management system in oil industry.

Además se consultó y accedió en internet a publicaciones técnicas de organismos, asociaciones e institutos internacionales tales como: Organización Internacional del Trabajo (OIT), Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Organización Mundial de la Salud (OMS), Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España (INSHT), Instituto Americano de Petróleo (API), Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (OSHA), Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Europa (OSHA Europa), Oficina de Seguridad y Salud (HSE UK) de Reino Unido, Det Norske Veritas (DNV), Center for Chemical Process Safety (CCPS).

También se investigó y se tomó como base para la investigación, los sistemas de gestión de seguridad de procesos promulgados por entidades gubernamentales o industria, de relevancia técnica a nivel internacional, de países con alto nivel de grado industrial, tales como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá. Estos sistemas de seguridad de procesos

mencionados, sirven como base principal para el desarrollo de la presente investigación y se describen con más detalle en los capítulos siguientes de este trabajo.

### **1.7 Población y muestra.**

Como población se considera los sistemas de gestión de seguridad de procesos que se aplican a nivel internacional en las industrias de petróleo, gas y química.

Como muestra se toma los sistemas de gestión de seguridad de procesos de mayor relevancia de acuerdo a su grado de aplicación específica a la industria de petróleo.

### **1.8 Tipo de estudio.**

La presente investigación es de carácter descriptiva y documental.

### **1.9 Recolección, procesamiento y análisis de datos.**

Para la obtención de la información necesaria se utilizará el análisis documental conjuntamente con el análisis de contenido.

Para el procesamiento de datos se utilizará técnicas de clasificación, registro, tabulación y codificación.

Para el análisis de datos, se utilizará técnicas tales como inducción, deducción, análisis y síntesis.

### **1.10 Hipótesis.**

¿Es factible elaborar un sistema de gestión de seguridad de procesos, a partir del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud ocupacional?.

¿Deben las organizaciones que manejan ó producen sustancias peligrosas implementar conceptos de seguridad de procesos como parte de su sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional?.

## **2. Marco Teórico.**

### **2.1 Instalaciones de producción de petróleo.**

La importancia actual del petróleo a nivel mundial, es relevante en la actividad de los seres humanos, ya que aporta el mayor porcentaje de la energía que se consume en el mundo. Se trata del recurso natural no renovable más importante.

El petróleo es un material líquido, combustible, viscoso, que se encuentra localizado en las capas sedimentarias de nuestro planeta. Desde el punto de vista químico, es una mezcla compleja de hidrocarburos (carbono e hidrógeno en forma de cadenas y anillos) de distintos pesos moleculares y otros elementos tales como compuestos de nitrógeno, azufre, y algunos metales (hierro, níquel, cromo, vanadio, cobalto, entre otros).

La teoría más aceptada del origen del petróleo es la que postula el origen orgánico de este material, a partir de la descomposición de microorganismos de origen vegetal y animal. Esta teoría considera que el petróleo y el gas se generaron a partir de material orgánico acumulado en las rocas sedimentarias. El mismo provendría de microorganismos que habitaron el mar en las primeras eras geológicas, fundamentalmente plancton, acumulados en capas sucesivas y sometidos a condiciones de alta presión y temperatura, en ausencia de oxígeno.

La acumulación de petróleo y gas en las trampas de rocas impermeables constituye un depósito de hidrocarburos o yacimiento.

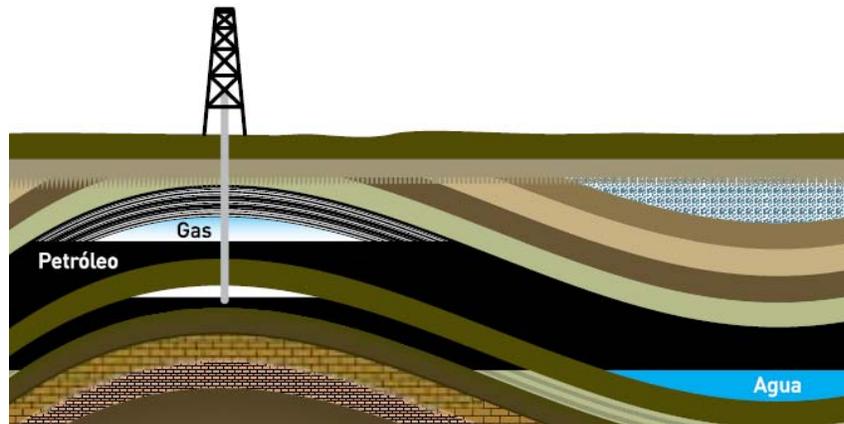


Figura 1. Esquema de un yacimiento de petróleo. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas IAPG, 2010)

El petróleo está siempre acompañado por agua salada y gas que se acumularon con él en el yacimiento, esto conlleva la necesidad de su eliminación como parte del tratamiento del crudo en las instalaciones de producción de petróleo. El fluido proveniente de los pozos es manejado a través de sistemas de recolección (líneas de flujo y cabezales) hacia una estación central de producción de petróleo.



Figura 2. Estación central de producción de petróleo típica (Petroamazonas EP, 2010).

El primer proceso es la separación del fluido en sus fases: crudo, agua y gas. Esto se lleva a cabo en equipos mecánicos llamados separadores (bifásicos o trifásicos) y desaladores electrostáticos. Una vez separadas, cada corriente es sometida a un proceso particular en instalaciones específicas de tratamiento, como se puede observar en los siguientes diagramas de flujo de proceso:

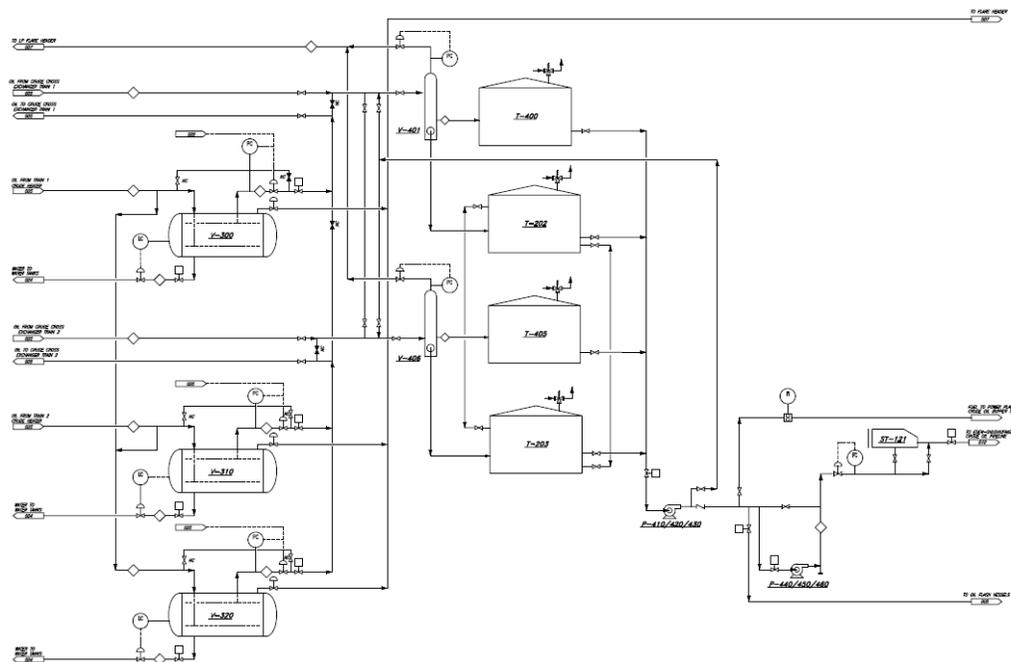


Figura 3. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de crudo en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010)

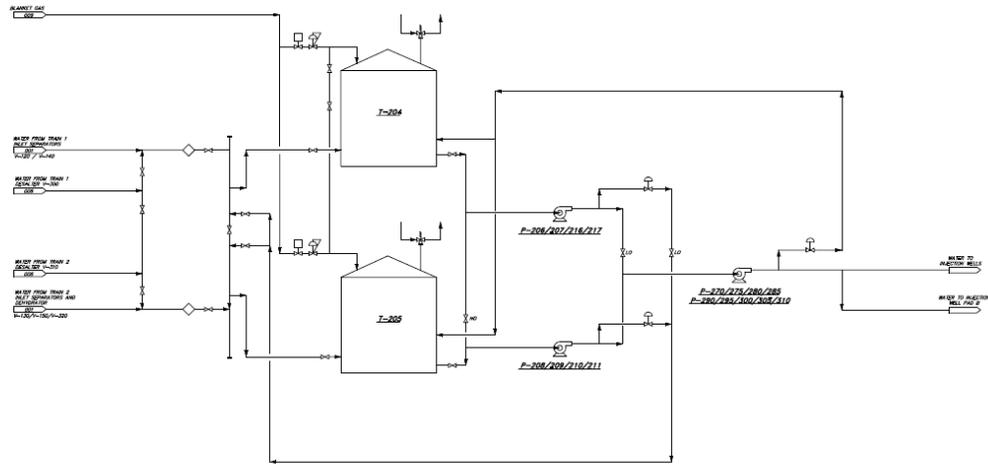


Figura 4. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de agua en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010)

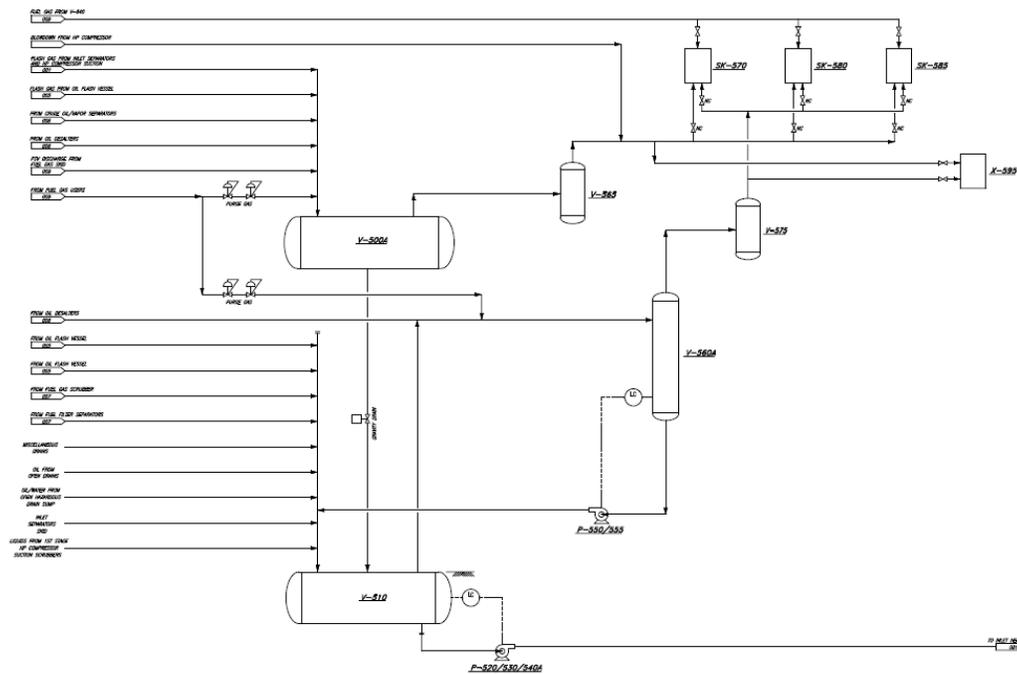


Figura 5. Diagrama típico de flujo de proceso de tratamiento de gas en una estación de producción de petróleo. (Petroamazonas EP, 2010)

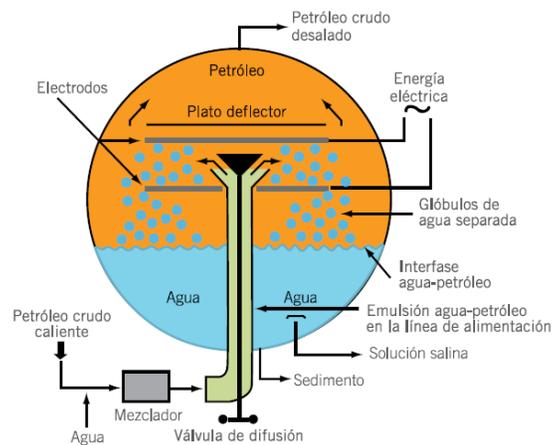


Figura 6. Corte transversal de un desalador electrostático. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas IAPG, 2010)

Basados en datos históricos de frecuencia y severidad de incidentes, los equipos de proceso tienen el siguiente potencial de incendio (American Petroleum Institute API, 1999):

A. Equipos con potencial de incendio Alto:

a. Calentadores con fuego que procesan líquidos o hidrocarburos de fases mezcladas, bajo las siguientes condiciones:

1. Operación a temperaturas y caudales capaces de causar formación de coque dentro de los tubos.
2. Operación a presiones y caudales suficientemente altos capaces de causar derrames importantes antes de que el calentador pueda ser aislado.
3. Carga de fluidos potencialmente corrosivos.

- b. Bombas con capacidad superior a 200 gpm que manejan líquidos inflamables o combustibles sobre o dentro de 8°C de su punto de inflamación.
- c. Bombas con historial de falla de rodamientos ó fuga de sellos (donde las revisiones de ingeniería no han sido exitosas para eliminarlas como fuentes potenciales de fuga de combustible).
- d. Bombas con tuberías pequeñas sujetas a fallas por fatiga.
- e. Reactores que operan a alta presión ó podrían producir reacciones exotérmicas fuera de control.
- f. Compresores y sus sistemas relacionados de lubricación-aceite.
- g. Secciones específicas de tuberías de proceso que manejan líquidos o gases inflamables, en mezclas que promueven fallas en tuberías por erosión, corrosión o fragilización. Incluye tuberías que pueden contener catalizadores, caústicos, ácidos, hidrógeno o materiales similares donde se puede desarrollar un escenario factible.
- h. Recipientes, intercambiadores de calor (incluyendo intercambiadores enfriados por aire), y otros equipos conteniendo líquidos inflamables o combustibles sobre 315 °C ó su temperatura de autoignición, la que sea menor.
- i. Unidades de procesos complejos tales como reactores catalíticos, hidrocrackers, unidades de etileno, hidrotratadores, ó unidades grandes de destilación de crudo que contienen equipos con potencial de incendio alto.

**B. Equipos con potencial de incendio Medio:**

- a. Acumuladores, tambores de alimentación, y otros recipientes que pueden presentar fugas como resultado de instrumentación rota, empaques u otros elementos rotos.

- b. Torres que pueden presentar fugas como resultado de columnas manométricas rotas o falla de empaques en tuberías conectadas y reboilers de fondo.
- c. Intercambiadores fin-fan enfriados por aire que manejan líquidos inflamables y combustibles.
- d. Equipos periféricos altamente automatizados y complejos tales como pre-calentadores de aire de combustión.

C. Equipos con potencial de incendio Bajo:

- a. Bombas que manejan líquidos Clase IIIB debajo de su punto de inflamación.
- b. Tubería dentro de los límites de batería, que tiene concentración de válvulas, accesorios y bridas.
- c. Intercambiadores de calor que pueden desarrollar fugas por las bridas.

D. Equipos sin potencial de incendio:

Tuberías y otros equipos que manejan fluidos no combustibles son considerados equipos sin potencial de incendio.

En la Figura 7 se presenta datos acerca de la probabilidad de fuga externa de equipos de proceso. Estos valores combinados con la probabilidad de ignición nos darán la probabilidad de incendio de cada equipo.

| <b>EQUIPO</b>                                    | <b>TASA DE FALLA.<br/>FUGA EXTERNA - PROCESO<br/>(POR MILLON DE HORAS)</b> |
|--|--|
| BOMBAS CENTRIFUGAS, CALENTAMIENTO MEDIO          | 9  |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, EXPORTACION DE CRUDO         | 23.59  |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, FLARE, VENDEO Y BLOWDOWN     | 5.07   |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, INYECCION DE AGUA            | 9.22   |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, MANEJO DE CRUDO              | 7.42   |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, PROCESAMIENTO DE CRUDO       | 50.58  |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, PROCESAMIENTO DE GAS         | 3.21   |
| BOMBAS CENTRIFUGAS, TRATAMIENTO DE AGUA ACEITOSA | 110.74   |
| BOMBAS RECIPROCANTES                             | 6.24   |
| BOMBAS RECIPROCANTES, INYECCION DE QUIMICOS      | 12.66  |
| BOMBAS RECIPROCANTES, PROCESAMIENTO DE GAS       | 0.8  |
| CALENTADORES Y CALDEROS                          | 8.35   |
| COMPRESORES                                      | 10.26  |
| COMPRESORES CENTRIFUGOS                          | 1.24   |
| COMPRESORES DE TORNILLO                          | 2.28   |
| COMPRESORES RECIPROCANTES                        | 36.68  |
| DEPURADOR (SCRUBBER)                             | 1.34   |
| INTERCAMBIADORES DE CALOR                        | 4.3  |
| MOTORES DE COMBUSTION                            | 1.46   |
| RECIPIENTES (VESSELS)                            | 2.87   |
| SEPARADOR  | 6.92   |
| TANQUE DE SURGENCIA                              | 2.56   |
| TURBINAS A GAS                                   | 19.09  |
| VALVULAS   | 0.24   |
| VALVULAS DE ALIVIO                               | 0.65   |
| VALVULAS DE CONTROL                              | 0.75   |
| VALVULAS ESD                                     | 21.13  |

Figura 7. Tasa de falla de fuga externa de equipos de proceso. Elaborada por Autor. (SINTEF, 2002).

## 2.2 Sistemas de gestión de seguridad de procesos.

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, "proceso" significa "conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial".

En el contexto del presente trabajo de investigación, el término proceso se refiere a las actividades operacionales dentro de una planta de producción de petróleo, es decir la recepción del fluido de producción, separación del fluido, almacenamiento de crudo y agua, bombeo de crudo, disposición de agua producida, disposición de gas asociado.

La definición de Gestión de Seguridad de Procesos provista por el Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS) es: "La aplicación de sistemas de gestión para la identificación, entendimiento y control de los peligros de procesos, para prevenir lesiones e incidentes relacionados a los procesos".

La gestión de seguridad de procesos está enfocada en aspectos de seguridad del proceso que pueden llevar a la ocurrencia de accidentes mayores que involucran la liberación de sustancias peligrosas, la liberación de energía (incendios ó explosiones), ó ambos. Los incidentes de seguridad de procesos pueden tener efectos catastróficos y pueden resultar en lesiones o fatalidades múltiples, así como daños significativos económicos, a la propiedad y ambiental. Los incidentes de seguridad de procesos pueden afectar a los trabajadores dentro de las instalaciones, así como a miembros del público que residen cerca de las instalaciones. Los programas de seguridad de procesos se enfocan en el diseño e ingeniería de las instalaciones, evaluaciones de peligros, manejo de cambios, inspección, prueba y mantenimiento de equipos, alarmas efectivas, control efectivo del proceso, procedimientos, entrenamiento del personal, factores humanos. Mientras que los peligros de seguridad personal u ocupacional dan lugar a incidentes tales como tropezones, golpes, cortes, caídas, que principalmente pueden afectar a un trabajador individual por cada ocurrencia. (Baker, y otros, 2007)

En Ecuador, el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo No. 2393, Registro Oficial 565 de 17 de noviembre de 1986, en su Artículo 11. Obligaciones de los Empleadores, indica que son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, entre otras, adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

El Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, promulgado por la Comunidad Andina de Naciones (CAN), Decisión 584, Sustitución de la Decisión 547, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Registro Oficial 160 de 2 de septiembre de 2003, indica en su Artículo 12 que los empleadores deberán adoptar y garantizar el cumplimiento de las medidas necesarias para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores, entre otros, a través de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

El Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Resolución 957, de 23 de septiembre de 2005, indica en su Artículo 1.- Según lo dispuesto por el artículo 9 de la Decisión 584, los Países Miembros desarrollarán los Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, para lo cual se podrán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Gestión administrativa:
  1. Política
  2. Organización
  3. Administración
  4. Implementación

5. Verificación
  6. Mejoramiento continuo.
  7. Realización de actividades de promoción en seguridad y salud en el trabajo
  8. Información estadística.
- b) Gestión técnica:
1. Identificación de factores de riesgo
  2. Evaluación de factores de riesgo
  3. Control de factores de riesgo
  4. Seguimiento de medidas de control.
- c) Gestión del talento humano:
1. Selección
  2. Información
  3. Comunicación
  4. Formación
  5. Capacitación
  6. Adiestramiento
  7. Incentivo, estímulo y motivación de los trabajadores.
- d) Procesos operativos básicos:
1. Investigación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
  2. Vigilancia de la salud de los trabajadores (vigilancia epidemiológica).
  3. Inspecciones y auditorías.
  4. Planes de emergencia.
  5. Planes de prevención y control de accidentes mayores.
  6. Control de incendios y explosiones.
  7. Programas de mantenimiento.
  8. Uso de equipos de protección individual.
  9. Seguridad en la compra de insumos.
  10. Otros específicos, en función de la complejidad y el nivel de riesgo de la empresa.

El Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo (Resolución No. C.D. 390 de 10 de Noviembre de 2011), en el Capítulo VI. Prevención de Riesgos del Trabajo, en su Artículo 51. Sistema de Gestión, establece que las empresas deberán implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, como medio de cumplimiento de las normas legales o reglamentarias, considerando los elementos del sistema:

- a) Gestión Administrativa.
  - 1. Política.
  - 2. Organización.
  - 3. Planificación.
  - 4. Integración – Implantación.
  - 5. Verificación / Auditoría interna del cumplimiento de estándares e índices de eficacia del plan de gestión.
  - 6. Control de las desviaciones del plan de gestión.
  - 7. Mejoramiento continuo.
  - 8. Información estadística.
  
- b) Gestión Técnica.
  - 1. Identificación de factores de riesgo.
  - 2. Medición de factores de riesgo.
  - 3. Evaluación de factores de riesgo.
  - 4. Control operativo integral.
  - 5. Vigilancia Ambiental y de la Salud.
  
- c) Gestión del Talento Humano.
  - 1. Selección de los trabajadores.
  - 2. Información interna y externa.
  - 3. Comunicación interna y externa.
  - 4. Capacitación.
  - 5. Adiestramiento.

6. Incentivo, estímulo y motivación de los trabajadores.
- d) Procedimiento y programas operativos básicos.
1. Investigación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
  2. Vigilancia de la salud de los trabajadores (vigilancia epidemiológica).
  3. Planes de emergencia.
  4. Plan de contingencia.
  5. Auditorías internas.
  6. Inspecciones de seguridad y salud.
  7. Equipos de protección individual y ropa de trabajo.
  8. Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

En Ecuador la legislación actual no requiere de manera específica la implementación de sistemas de gestión de seguridad de procesos, mismos que son requeridos en otros países con mayor grado de desarrollo en el ámbito industrial y de seguridad de procesos, tales como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá.

A nivel internacional, la gestión de seguridad de procesos está reconocida como un elemento importante para la reducción de riesgos y consecuencias de ocurrencia de accidentes mayores, así como para la mejora del desempeño de seguridad y operacional.

Los mayores avances en el desarrollo de la gestión de seguridad de procesos han tomado lugar luego de la ocurrencia de accidentes mayores en la industria química y de petróleo, tal como los listados en la Tabla 2:

| Año  | Lugar                    | Descripción   |
|------|--------------------------|---|
| 1974 | Flixborough, Reino Unido | Rotura de una tubería temporal de desvío, ocasionó la liberación de una gran cantidad de gas ciclohexano, seguido de una explosión masiva. 28 muertos, 89 heridos (trabajadores y público).   |
| 1976 | Seveso, Italia           | Liberación de una toxina altamente potente llamada TCDD. Aproximadamente 250 heridos en la comunidad.   |
| 1979 | Three Mile Island, USA   | Fusión parcial del núcleo en planta de energía nuclear. No hubo liberación significativa de materiales radioactivos al ambiente, ni heridos. Sin embargo, el accidente llevó a una moratoria en la construcción de nuevas plantas de energía nuclear en los Estados Unidos. |
| 1984 | Bophal, India            | La adición de agua a un tanque que contenía un químico peligroso, llevó a la liberación de vapores de isocianato. Más de 2500 muertos en la comunidad y muchos más heridos serios.  |
| 1988 | Piper Alpha, Reino Unido | Liberación de hidrocarburos que llevaron a la explosión y destrucción de una plataforma marina de extracción de petróleo. 165 muertos.  |
| 2005 | Texas City, USA          | Incendio y explosión en refinería. 15 muertos.  |
| 2011 | Golfo de México, USA     | Derrame de petróleo. 11 muertos.  |

Figura 8. Algunos accidentes mayores en la industria de petróleo y química. Elaborada por Autor. **(Sutton, 2010)**

En los últimos 20 años, las regulaciones gubernamentales en Estados Unidos tal como Gestión de Seguridad de Procesos de la Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), requieren la aplicación de sistemas formales de gestión de seguridad de procesos para las industrias de alto riesgo.

En la Unión Europea tal como la Directiva 2012/18/UE Seveso III de 4 de julio de 2012 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, obliga a los países europeos a identificar las zonas industriales con riesgos y a adoptar las medidas apropiadas para prevenir los accidentes graves en los que estén implicadas sustancias peligrosas y limitar sus consecuencias para el hombre y para el

medio ambiente. El objetivo de esta directiva es garantizar altos niveles de protección en toda la Unión Europea. **(Europa EU, 2012)**

La Recomendación R181, así como el Convenio C174, promulgados por la OIT el 22 Junio de 1993, establecen recomendaciones sobre prevención de accidentes industriales mayores. El Convenio C174 requiere en su Artículo 9. Disposiciones Relativas a la Instalación, que los empleadores establezcan y mantengan un sistema documentado de prevención de riesgos de accidentes mayores en el que se prevean:

- a) la identificación y el estudio de los peligros y la evaluación de los riesgos, teniendo también en cuenta las posibles interacciones entre sustancias;
- b) medidas técnicas que comprendan el diseño, los sistemas de seguridad, la construcción, la selección de sustancias químicas, el funcionamiento, el mantenimiento y la inspección sistemática de la instalación;
- c) medidas de organización que comprendan la formación e instrucción del personal, el abastecimiento de equipos de protección destinados a garantizar su seguridad, una adecuada dotación de personal, los horarios de trabajo, la distribución de responsabilidades y el control sobre los contratistas externos y los trabajadores temporales que intervengan dentro de la instalación;
- d) planes y procedimientos de emergencia;
- e) medidas destinadas a limitar las consecuencias de un accidente mayor;
- f) la consulta con los trabajadores y sus representantes;
- g) las disposiciones tendientes a mejorar el sistema, que comprendan medidas para la recopilación de información y para el análisis de accidentes y cuasi-accidentes. La

experiencia así adquirida deberá ser discutida con los trabajadores y sus representantes y deberá ser registrada, de conformidad con la legislación y la práctica nacional.

En España, la Legislación Nacional para Prevención de accidentes mayores incluye:

- Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas B.O.E. N° 172 publicado el 20/7/99. Corrección de errores: BOE N° 264 de 04/11/99
- Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas B.O.E. N° 242 publicado el 09/10/03.
- Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia B.O.E. N° 72 publicado el 24/3/07.

Las prácticas y sistemas de gestión formales de seguridad de procesos están en uso por parte de compañías líderes en la industria química y de petróleo. Mediante la presente investigación, se propone una oportunidad para complementar y fortalecer el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, y por lo tanto la gestión global de seguridad de una organización de producción de petróleo, mediante la incorporación de los principios y elementos de gestión de seguridad de procesos.

El presente trabajo de investigación pretende diseñar un sistema de gestión de seguridad de procesos, tomando como base los lineamientos del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud, e incorporando las mejores prácticas de la industria y organismos de regulación, con la finalidad de mejorar las condiciones de seguridad de las instalaciones de producción de petróleo, y por tanto garantizar la seguridad de su personal y el público, evitar afectación al ambiente y, reducir costos relativos a accidentes. El sistema de gestión que se presenta no pretende reemplazar el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de una organización, sino complementarlo, proveyendo una base para su incorporación e implementación dentro del sistema de gestión de seguridad y salud de dicha organización.

Como se enunció previamente, las industrias de petróleo y química se caracterizan por tener pocos accidentes relacionados con las instalaciones de proceso, pero cuando se producen, pueden ser de consecuencias mayores. En la Figura 9 se presenta las 20 pérdidas más relevantes desde el punto de vista de costo económico, ocurridas en la industria hidrocarburífera en el período 1972 – 2011.

## THE 20 LARGEST LOSSES

| DATE       | PLANT TYPE     | EVENT TYPE             | LOCATION                  |           | PROPERTY LOSS<br>USD MILLION* |
|------------|----------------|------------------------|---------------------------|-----------|-------------------------------|
| 07/07/1988 | Upstream       | Fire/Explosion         | Piper Alpha,<br>North Sea | UK        | 1,800                         |
| 23/10/1989 | Petrochem      | Vapour Cloud Explosion | Pasadena,<br>Texas        | USA       | 1,400                         |
| 04/06/2009 | Upstream       | Collision              | Ekofisk,<br>North Sea     | Norway    | 830                           |
| 19/03/1989 | Upstream       | Fire/Explosion         | Baker,<br>Gulf of Mexico  | USA       | 820                           |
| 23/08/1991 | Upstream       | Structural Failure     | Sleipner,<br>North Sea    | Norway    | 780                           |
| 15/05/2001 | Upstream       | Explosion/Fire/Sinking | Campos Basin              | Brasil    | 770                           |
| 25/09/1998 | Gas Processing | Explosion              | Longford,<br>Victoria     | Australia | 740                           |
| 24/04/1988 | Upstream       | Fire                   | Enchova,<br>Campos Basin  | Brasil    | 690                           |
| 21/09/2001 | Petrochem      | Explosion              | Toulouse                  | France    | 670                           |
| 04/05/1988 | Petrochem      | Explosion              | Henderson,<br>Nevada      | USA       | 630                           |
| 19/01/2004 | Gas Processing | Fire/Explosion         | Skikda                    | Algeria   | 630                           |
| 05/05/1988 | Refinery       | Vapour Cloud Explosion | Norco,<br>Louisiana       | USA       | 600                           |
| 06/01/2011 | Refinery       | Fire/Explosion         | Fort McKay,<br>Alberta    | Canada    | 600                           |
| 25/06/2000 | Refinery       | Fire/Explosion         | Mina Al-Ahmadl            | Kuwait    | 590                           |
| 21/04/2010 | Upstream       | Fire/Explosion/Blowout | Gulf of Mexico            | USA       | 590                           |
| 12/09/2008 | Refinery       | Hurricane              | Texas                     | USA       | 540                           |
| 01/11/1992 | Upstream       | Mechanical Damage      | North West Shelf          | Australia | 520                           |
| 14/11/1987 | Petrochem      | Vapour Cloud Explosion | Pampa,<br>Texas           | USA       | 470                           |
| 27/07/2005 | Upstream       | Fire/Explosion         | Mumbai High field         | India     | 470                           |
| 25/12/1997 | Gas Processing | Fire/Explosion         | Bintulu,<br>Sarawak       | Malaysia  | 460                           |

\* Inflated to December 2011 values

Figura 9. Las 20 pérdidas económicas más costosas en la industria hidrocarburífera en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012)

En las Figuras 10 a 13 se presenta las pérdidas económicas, por sector, ocurridas en la industria hidrocarburífera, en el período 1972 – 2011:

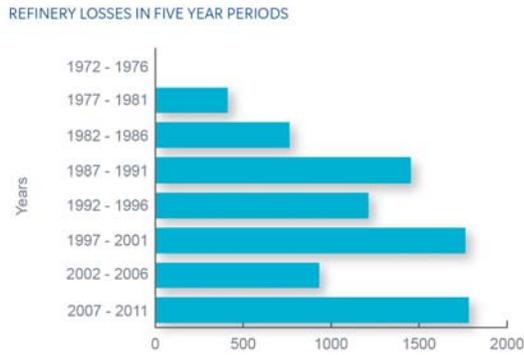


Figura 10. Pérdidas económicas en el sector de refinería en el período 1972 – 2011.  
(Marsh Energy Risk Engineering, 2012)

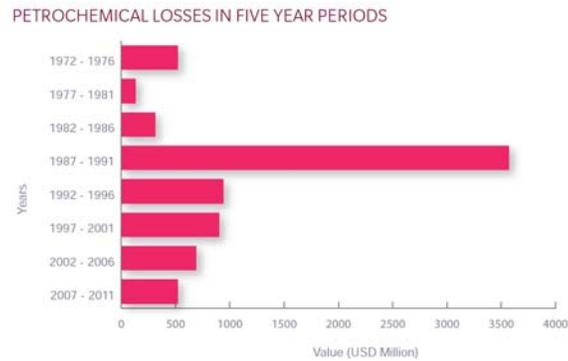


Figura 11. Pérdidas económicas en el sector de petroquímica en el período 1972 – 2011.  
(Marsh Energy Risk Engineering, 2012)

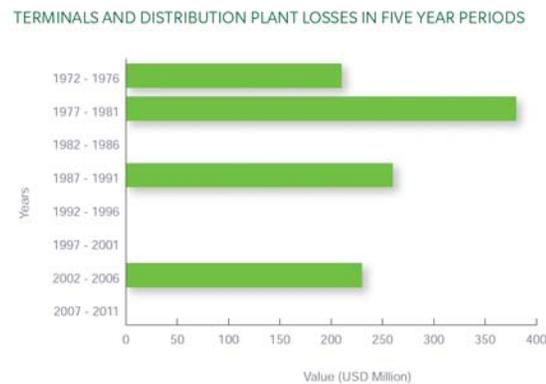


Figura 12. Pérdidas económicas en el sector de terminales y distribución en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012)

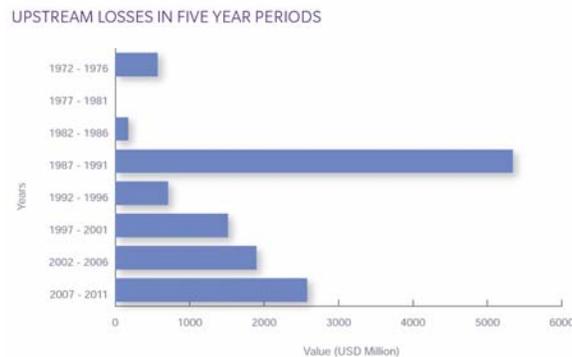


Figura 13. Pérdidas económicas en el sector de extracción en el período 1972 – 2011. (Marsh Energy Risk Engineering, 2012)

El primer paso en el desarrollo de un sistema de gestión de seguridad de procesos es verificar la existencia de estándares de una agencia externa, ya sea de una entidad gubernamental o del grupo corporativo de la propia organización. Los estándares corporativos son generalmente más específicos porque se enfocan en aquellas operaciones que la organización lleva a cabo.

### 2.3 Modelo Ecuador de Gestión en Seguridad y Salud.

En el año 1999 se creó el Modelo Ecuador, el cual basa sus principios de gestión en la prevención y control de la siniestralidad y las pérdidas, los cuales garanticen su integración en la gestión general de las organizaciones, independientemente de su magnitud y/o tipo de riesgos (**Vásquez Zamora & Ortega, 2003**).

El Modelo Ecuador fue elaborado como una herramienta de gestión para integrar las disciplinas preventivas (seguridad, higiene industrial, salud ocupacional, ergonomía, psicología), en lo referente a la forma de asumir los riesgos y concebir sus medidas preventivas desde una óptica multidisciplinar contemplando no solo los riesgos convencionales sino que se incluyan elementos externos a ellos que también va a tener una repercusión sobre el concepto actual de salud y seguridad en el trabajo.

El Modelo Ecuador por ser una herramienta sencilla en su concepción teórica, así como flexible en su aplicación práctica puede ser desarrollado e implantado en empresas de diversa complejidad productiva y organizacional.

El Modelo Ecuador ha sido difundido en diversos países: en La Habana, Cuba en 1999, en el Congreso de sistemas de seguridad en Varadero, Cuba en el 2002, en el Congreso de sistemas de seguridad en Málaga, España en el 2003, en el Ministerio del Trabajo en Lima, Perú en el 2009, en el Salón Internacional de la Seguridad en Madrid, España 2010.

El Modelo Ecuador fue adoptado por el Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo (Resolución No. C.D. 390 de 10 de Noviembre de 2011).

El Modelo Ecuador consta de los siguientes elementos y subelementos:

- a) Gestión Administrativa.
  - 1. Política.
  - 2. Organización.
  - 3. Planificación.
  - 4. Integración – Implantación.
  - 5. Verificación / Auditoría interna del cumplimiento de estándares e índices de eficacia del plan de gestión.
  - 6. Control de las desviaciones del plan de gestión.
  - 7. Mejoramiento continuo.
  - 8. Información estadística.
  
- b) Gestión Técnica.
  - 1. Identificación de factores de riesgo.
  - 2. Medición de factores de riesgo.
  - 3. Evaluación de factores de riesgo.
  - 4. Control operativo integral.
  - 5. Vigilancia Ambiental y de la Salud.
  
- c) Gestión del Talento Humano.
  - 1. Selección de los trabajadores.
  - 2. Información interna y externa.
  - 3. Comunicación interna y externa.
  - 4. Capacitación.
  - 5. Adiestramiento.
  - 6. Incentivo, estímulo y motivación de los trabajadores.
  
- d) Procedimiento y programas operativos básicos.
  - 1. Investigación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
  - 2. Vigilancia de la salud de los trabajadores (vigilancia epidemiológica).
  - 3. Planes de emergencia.
  - 4. Plan de contingencia.
  - 5. Auditorías internas.

6. Inspecciones de seguridad y salud.
7. Equipos de protección individual y ropa de trabajo.
8. Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

## **2.4 Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos PSM de la Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).**

La Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos promulgó el 24 de febrero de 1992 el estándar de Gestión de Seguridad de Procesos (PSM) 29 CFR 1910.119 que establece requerimientos para prevenir o minimizar las consecuencias de emanaciones catastróficas de químicos ya sean tóxicos, reactivos, inflamables ó explosivos, aplicables a procesos que involucran, entre otros, a líquidos ó gases inflamables, definido por 1910.1200(c) iii: Líquido inflamable: un líquido que tiene un punto de inflamación menor a 100 °F (37.8 °C)] en sitio, en una localidad, en una cantidad de 10,000 libras ó más. El desarrollo del estándar involucró el aporte considerable de compañías operadoras líderes de aquella época y, ha sido frecuentemente aplicado sin importar si una instalación está dentro de la jurisdicción de OSHA. El mencionado estándar consta de 14 elementos: **(Occupational Health and Safety Administration OSHA, 1992).**

- 1) Participación de los empleados.
- 2) Información de seguridad del proceso.
- 3) Análisis de peligros del proceso.
- 4) Procedimientos de operación.
- 5) Entrenamiento.

- 6) Contratistas.
- 7) Revisión de seguridad previa al arranque.
- 8) Integridad mecánica.
- 9) Permiso de trabajo en caliente.
- 10) Manejo de cambios.
- 11) Investigación de incidentes
- 12) Planeación para emergencias.
- 13) Auditorías de cumplimiento.
- 14) Secretos de marca.

## **2.5 Marco de Alto Nivel para Gestión de Seguridad de Procesos del Instituto de Energía (EI).**

El Instituto de Energía de Reino Unido ha publicado el Marco de Alto Nivel para Gestión de Seguridad de Procesos provee un enfoque para organizaciones grandes y pequeñas del sector de energía, para asegurar la integridad de sus operaciones, incorporando factores técnicos, operacionales, de mantenimiento, humanos y organizacionales. **(Energy Institute EI, 2010).**

El Marco de Alto Nivel para Gestión de Seguridad de Procesos consta de los siguientes 20 elementos:

- 1) Liderazgo, compromiso y responsabilidad.
- 2) Identificación y cumplimiento con leyes y estándares de la industria.

- 3) Selección de personal, ubicación, competencia y aseguramiento de salud.
- 4) Involucramiento del personal.
- 5) Comunicación con partes interesadas.
- 6) Identificación de peligros y evaluación de riesgos.
- 7) Documentación, registros y manejo del conocimiento.
- 8) Manuales y procedimientos de operación.
- 9) Monitoreo y traspaso de estado del proceso y operacional.
- 10) Manejo de interfases operacionales.
- 11) Estándares y prácticas.
- 12) Manejo de cambios y manejo de proyectos.
- 13) Disponibilidad operacional y arranque del proceso.
- 14) Preparación a emergencias.
- 15) Inspección y mantenimiento.
- 16) Manejo de componentes críticos de seguridad.
- 17) Control del trabajo, permiso para trabajar y manejo de riesgos de tareas.
- 18) Selección y manejo de contratistas y proveedores.
- 19) Reporte e investigación de incidentes.
- 20) Auditoría, aseguramiento, revisión e intervención gerencial.

## **2.6 Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos Basado en Riesgo del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS).**

El Centro para la Seguridad de Procesos Químicos (CCPS) de Estados Unidos establece los siguientes 20 elementos para un sistema de seguridad de procesos basado en riesgo

**(Center for Chemical Process Safety CCPS, 2007):**

- 1) Cultura de seguridad de procesos.
- 2) Cumplimiento con los estándares.
- 3) Competencia en seguridad de procesos.
- 4) Involucramiento de la fuerza laboral.
- 5) Relación con partes interesadas.
- 6) Manejo del conocimiento del proceso.
- 7) Identificación de peligros y análisis de riesgos.
- 8) Procedimientos de operación.
- 9) Prácticas seguras de trabajo,
- 10) Integridad y confiabilidad de instalaciones.
- 11) Manejo de contratistas.
- 12) Entrenamiento y aseguramiento de desempeño.
- 13) Manejo de cambios.
- 14) Disponibilidad operacional.
- 15) Conducta operacional.
- 16) Manejo de emergencias.
- 17) Investigación de incidentes.
- 18) Medición y medidas.
- 19) Auditorías.
- 20) Revisión gerencial y mejoramiento continuo.

## **2.7 Código de Seguridad de Procesos del Consejo Americano de Química (ACC).**

El Consejo Americano de Química (ACC) de Estados Unidos establece los siguientes 22 elementos para un sistema de seguridad de procesos (**American Chemistry Council ACC, 1991**):

- 1) Compromiso.
- 2) Responsabilidad.
- 3) Medición del desempeño.
- 4) Investigación de Incidentes.
- 5) Compartimiento de Información.
- 6) Integración de Concientización de la Comunidad y Respuesta a Emergencias.
- 7) Emplazamiento.
- 8) Códigos y Estándares.
- 9) Revisiones de Seguridad.
- 10) Mantenimiento e Inspección.
- 11) Salvaguardas Múltiples.
- 12) Manejo de Emergencias.
- 13) Documentación de Diseño.
- 14) Información de peligros del proceso.
- 15) Análisis de peligros del proceso.
- 16) Manejo de Cambios.
- 17) Habilidades en Tareas.

- 18) Prácticas de trabajo seguro.
- 19) Entrenamiento inicial.
- 20) Competencia del empleado
- 21) Aptitud para la tarea.
- 22) Contratistas.

## **2.8 Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones de Producción de Petróleo y Gas en Tierra, del Instituto Americano de Petróleo (API).**

El Instituto Americano de Petróleo (API) ha publicado el Boletín 75L con el objeto de guiar a las organizaciones a implementar un sistema de gestión de seguridad y ambiental, que está compuesto por los siguientes 12 elementos (**American Petroleum Institute API, 2007**):

- 1) Información de seguridad y ambiental.
- 2) Análisis de peligros.
- 3) Procedimientos para manejo de cambios.
- 4) Procedimientos de operación.
- 5) Prácticas seguras de trabajo.
- 6) Entrenamiento.
- 7) Integridad mecánica y aseguramiento de calidad de equipo crítico.
- 8) Revisión previa al arranque.
- 9) Respuesta y control de emergencias.

- 10) Investigación de incidentes.
- 11) Auditoría de los elementos del sistema de gestión de seguridad y ambiental.
- 12) Registros y documentación.

## **2.9 Guía de Gestión de Seguridad de Procesos de la Sociedad de Ingeniería Química de Canadá (CSCE).**

La Sociedad de Ingeniería Química de Canadá (CSCE) ha publicado la 4ta Edición de su Guía de Gestión de Seguridad de Procesos, con el objetivo de guiar la identificación, entendimiento y control de los peligros relacionados a procesos, integrada por 12 elementos que se indican a continuación (**Canadian Society for Chemical Engineering CSCE, 2012**):

- 1) Responsabilidad, objetivos y metas.
- 2) Conocimiento y documentación del proceso.
- 3) Revisión y diseño de proyectos.
- 4) Gestión de riesgos de procesos.
- 5) Manejo de cambios.
- 6) Integridad del proceso y equipo.
- 7) Factores humanos.
- 8) Entrenamiento y desempeño.
- 9) Investigación de incidentes.
- 10) Estándares, códigos y regulaciones.
- 11) Auditorías y acciones correctivas.
- 12) Mejoramiento del conocimiento de seguridad del proceso.

### **3. Sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP).**

#### **3.1 Introducción.**

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua, *integrar* significa “constituir un todo, completar un todo con las partes que faltaban, hacer que algo o alguien pase a formar parte de un todo”. Un sistema integrado de gestión puede definirse, de acuerdo con la definición del Centro tecnológico Labein , en su libro *La Integración de la Calidad, el Medio Ambiente y la Seguridad Empresarial*, como “el conjunto de la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política de la empresa”, a lo que puede añadir “ en materia de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales ” (Abril, Enríquez, & Sánchez, 2006).

El sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP) se conforma tomando como base los elementos del Modelo Ecuador de Gestión de Seguridad y Salud y, analizando sus requerimientos en relación con los requerimientos de los sistemas de gestión de seguridad de procesos incorporados desde las mejores prácticas de la industria de petróleo y química, unificando aquellos elementos que presentan requerimientos comunes y compatibles, proveyendo de esta manera un marco propositivo de requerimientos de mejora, para su incorporación e implementación dentro del sistema de gestión de seguridad y salud de las empresas operadoras de petróleo y gas.

Se procede a efectuar un análisis comparativo del contenido de los requerimientos de cada uno de los elementos y sub-elementos del Modelo Ecuador, con los requerimientos de los elementos de los sistemas de seguridad de procesos que se aplican a nivel internacional en la industria de petróleo y química: Gestión de Seguridad de Procesos PSM 29 CFR 1910.119 de OSHA, Marco de Alto Nivel para Seguridad de Procesos del Instituto de Energía EI, Seguridad de Procesos Basado en Riesgo del Centro para la Seguridad de Procesos Químicos CCPS y, Código de Seguridad de Procesos del Consejo Americano de Química ACC, Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental para Operaciones de Producción de Petróleo y Gas en Tierra del Instituto Americano de Petróleo API, Guía de Gestión de Seguridad de Procesos de la Sociedad de Ingeniería Química de Canadá CSCE, a fin de establecer los elementos que contienen requerimientos comunes, así como nuevos elementos y/o sub-elementos que pueden ser incorporados como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

## **3.2 Gestión Administrativa**

### **3.2.1 Política.**

El Modelo Ecuador establece que la alta dirección debe asegurarse que la política de seguridad y salud ocupacional debe ser:

- Apropia a la actividad y a los riesgos de la empresa.
- Conocida y asumida a todos los niveles.
- Se comprometa a la mejora continua de la seguridad y la salud.

- Estar implementada, documentada, y mantenida.
- Incluir el compromiso de al menos cumplir con la legislación vigente.
- Actualizarse periódicamente.

En lo relacionado al desarrollo del sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

- Establecer una política formal de seguridad de procesos de la organización.
- Debe estar disponible a los empleados y partes interesadas.
- Debe estar firmada por la máxima autoridad de la organización.

### **3.2.2 Cultura de seguridad de procesos (nuevo elemento).**

La cultura de seguridad de procesos se define como “la combinación de valores y comportamientos que determinan la manera en la cual la seguridad de procesos es gestionada” (**Center for Chemical Process Safety CCPS, 2007**).

El desarrollo, mantenimiento y mejora continua de la cultura de seguridad de procesos de una organización es un elemento pilar del compromiso hacia la seguridad de procesos.

La cultura de seguridad involucra las creencias y actitudes de la organización, y está fuertemente influenciada por el ejemplo de la alta gerencia.

La organización debe establecer lineamientos para mejorar la cultura de seguridad de procesos (**Arendt, DePavia, Curtis, & Henderson, 2011**):

- Establecer la seguridad de procesos, así como la seguridad y salud ocupacional y, la protección ambiental como valores claves de la organización.
- Establecer un liderazgo fuerte.
- Establecer y hacer cumplir estándares elevados de desempeño de acuerdo a la complejidad y a los riesgos involucrados en las operaciones de la organización.
- Formalizar el programa de cultura de seguridad.
- Mantener un sentido de vulnerabilidad.
- Empoderar a los empleados para cumplir en forma exitosa sus responsabilidades de seguridad.
- Crear una comunicación abierta y efectiva.
- Promover un ambiente de cuestionamiento-aprendizaje.
- Fomentar un ambiente de confianza mutua empleados-supervisores-gerentes.
- Responder de manera oportuna a los asuntos y preocupaciones de seguridad de procesos así como de seguridad y salud ocupacional.
- Monitorear continuamente el desempeño en seguridad.

### **3.2.3 Organización, liderazgo, compromiso y responsabilidad.**

El Modelo Ecuador establece que:

- La organización debe establecer y documentar las responsabilidades en salud y seguridad de todos los niveles de la organización.
- Definir una estructura en función del número de trabajadores o del nivel de peligrosidad, constituida para la gestión preventiva (comité de seguridad, servicio médico, etc.).
- Mantener y actualizar la documentación del sistema de gestión (manual, procedimientos, especificaciones de trabajo, registros de actividades).
- El personal que realiza las funciones preventivas en la jefatura serán profesionales especializados en salud y seguridad; y validados por las autoridades competentes.
- Generar y controlar documentos: elaboración de documento o registro, codificación, revisión, aprobación, distribución, actualización, obsolescencia.

En lo relacionado al desarrollo del sistema integrado de seguridad de procesos, se propone los siguientes requerimientos específicos:

La seguridad de las operaciones de una organización requiere el compromiso visible de liderazgo y responsabilidad en todos los niveles de la organización. El compromiso de la dirección de la organización es necesaria para que la gestión de seguridad de procesos sea efectiva, así como para proveer soporte y guía en decisiones relativas a seguridad de procesos y, resolver potenciales conflictos entre seguridad y producción.

- La organización debe establecer el alcance y prioridades para la implementación del sistema de gestión de seguridad de procesos, considerando la complejidad y riesgos involucrados con sus operaciones y productos.

- Los roles, responsabilidades y autoridades para la gestión de seguridad de procesos deben conocerse y aplicarse.
- Personal competente en número suficiente, debe estar disponible para cubrir los roles y responsabilidades del sistema de gestión de seguridad de procesos.
- Se debe definir, desarrollar e integrar atributos de liderazgo en seguridad de procesos, entre las competencias requeridas para los niveles gerenciales y de supervisión.
- La gerencia debe demostrar en forma visible el compromiso y responsabilidad personal con la seguridad de procesos, liderando con el ejemplo y promoviendo los valores y estándares de la organización.
- La gerencia debe promover un ambiente abierto, para que la organización pueda identificar y resolver problemas de seguridad de procesos, e implementar oportunidades de mejora.
- La gerencia debe reconocer el comportamiento y desempeño positivos relacionados con asuntos de seguridad de procesos, e intervenir para corregir desviaciones del desempeño requerido, en todos los niveles de la organización.
- Comprometer recursos adecuados para sostener el mejoramiento continuo de la seguridad de procesos.

### **3.2.4 Planificación.**

El Modelo Ecuador establece que:

- Se realizará un diagnóstico de la gestión administrativa, técnica y del talento humano.

- Existirán planes administrativos, de control del comportamiento del trabajador y de control operativo técnico, de corto (1-3 años), medio (3-5 años), y largo plazo (mas de 5 años), acordes con la magnitud y la naturaleza de los riesgos de la empresa.
- Los planes tendrán objetivos y metas relevantes para la gestión administrativa, técnica, y del talento humano.
- Tendrán cronogramas de actividades con fechas de inicio y finalización, con responsables.
- Establecer los recursos humanos, económicos, y tecnológicos necesarios.
- Establecer los estándares para verificación del cumplimiento.
- Establecer los procedimientos administrativos, técnicos y para la gestión del talento humano, acordes con el tipo y magnitud de los riesgos.

En lo relacionado al desarrollo del sistema integrado de seguridad de procesos, se propone los siguientes requerimientos específicos:

- Se deben establecer objetivos y metas relativos a seguridad de procesos y, el desempeño debe evaluarse periódicamente.
- La gerencia de la organización debe revisar las tendencias de cumplimiento y desempeño.
- Definir niveles gerenciales corporativos y de línea para implementar iniciativas de seguridad de procesos.

### **3.2.5 Integración – Implantación.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se impartirá capacitación previa a la implantación, para dar competencia a los niveles que operan los planes. Asimismo, se registrarán y documentarán las actividades del plan en formatos específicos, los mismos que estarán a disposición de la autoridad competente.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.2.6 Verificación, Auditoría interna del cumplimiento de leyes, estándares de la industria e índices de eficacia del plan de gestión.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se verificará el cumplimiento de los estándares cualitativos y cuantitativos del plan, relativos a la gestión administrativa, técnica, del talento humano, y a los procedimientos operativos específicos. Las auditorías internas y externas serán cuantificadas, concediendo igual importancia a los medios que a los resultados.

En lo relacionado al desarrollo del sistema integrado de seguridad de procesos, se propone los siguientes requerimientos específicos:

El cumplimiento con las leyes es un requerimiento obligatorio y fundamental para una organización. El conocimiento y cumplimiento de los estándares ayuda a una organización

a operar y mantener las instalaciones seguras, implementar consistentemente prácticas de seguridad de procesos y, minimizar responsabilidad legal.

El desempeño en seguridad y salud ocupacional, protección ambiental y seguridad de procesos es mejorado mediante el uso de estándares robustos y prácticas seguras de trabajo.

El propósito de las auditorías es determinar el estado y efectividad de los esfuerzos y progreso de gestión de seguridad en relación con los objetivos planteados.

- Los requerimientos de las leyes aplicables deben ser identificados, entendidos y cumplidos.
- Los requerimientos de las leyes, licencias, permisos, códigos, estándares, prácticas aplicables, deben ser identificados, documentados y mantenerse actualizados.
- Los requerimientos para operación derivados de las leyes y estándares de la industria deben estar definidos, documentados y comunicados / diseminados al personal y áreas apropiados.
- El cumplimiento con las leyes, así como estándares externos e internos deben ser verificados en forma sistemática.
- Disposiciones para la identificación y cumplimiento con las leyes y estándares de la industria deben ser entendidos y seguidos.
- Identificar, usar y cumplir con códigos y estándares voluntarios relativos a seguridad de procesos y que son aplicables a actividades de ingeniería, construcción y mantenimiento.

- Seleccionar contratistas que conozcan y sean capaces de cumplir con las leyes, así como con los códigos y estándares apropiados.
- Asignar la responsabilidad local en el sitio de operación para el cumplimiento con los requerimientos aplicables identificados.
- Revisar los estándares y prácticas para tomar en cuenta los cambios de leyes, estándares y buenas prácticas de la industria y organizaciones, así como hallazgos de incidentes.
- Los estándares y prácticas aprobadas están fácilmente disponibles a quienes los necesitan, incluyendo contratistas.
- La autoridad para aprobar estándares y prácticas debe estar formalmente asignada a individuos competentes nominados.
- La desviación de los estándares de diseño debe ser permitido sólo después de una evaluación, revisión y aprobación por individuos competentes nominados y documentar la justificación.
- Deben existir procedimientos para asegurar que los materiales y la construcción de las instalaciones cumplen con estándares de diseño aplicables.

Las leyes pueden incluir:

- Regulaciones de salud y seguridad ocupacional.
- Regulaciones ambientales.
- Regulaciones de uso de suelo, asentamiento.
- Códigos de construcción.
- Códigos eléctricos.
- Códigos de incendios.

Los estándares y prácticas aplicables pueden incluir:

- Estándares de la industria tal como del Instituto Americano de petróleo (API), Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM), etc.
- Asociaciones / Cuerpos / Colegios técnicos de profesionales.
- Códigos nacionales o internacionales, tales como de la Organización internacional del trabajo (OIT), Asociación Nacional de Protección contra incendios (NFPA).
- Estándares de diseño de procesos, civiles, mecánicos, eléctricos, instrumentación.

Respecto a las auditorías del sistema de gestión:

El propósito de las auditorías es determinar el estado y efectividad y cumplimiento en relación con los objetivos planteados del sistema de gestión. También las auditorías del sistema de gestión verifican que el sistema es efectivo para asegurar el cumplimiento de las leyes, así como de las políticas, procedimientos y estándares de la organización. Identifican oportunidades en donde los sistemas de gestión pueden ser mejorados.

Las auditorías de seguridad de procesos ayudan a garantizar que las instalaciones están siendo operadas y mantenidas de manera segura para la seguridad y salud del personal, ambiente, comunidad adyacente, instalaciones y continuidad de las operaciones.

- Auditar el cumplimiento de los requerimientos aplicables, e implementar acciones correctivas oportunas, a lo largo del ciclo de vida de la planta.

- Las auditorías deben ser conducidas por personal competente entrenado, así como soportadas por expertos externos, para proveer objetividad y nuevos puntos de vista.
- Se debe establecer planes de acción con responsables y fecha de cumplimiento para el cierre de las recomendaciones de las auditorías.
- Implementar un sistema de seguimiento para verificar el cumplimiento y cierre de las recomendaciones importantes.
- Efectuar una revisión de alto nivel para asegurar que el balance entre las expectativas de la organización y el desempeño real sea razonablemente consistente y que las desviaciones se encuentren dentro de límites aceptables.

### **3.2.7 Control Administrativo de las desviaciones del plan de gestión, revisión gerencial.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se establecerán las desviaciones del plan y la reprogramación de los controles para su corrección.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.2.8 Mejoramiento Continuo, Medición del Desempeño e Información Estadística.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se perfeccionará continuamente la planificación a través del mejoramiento cualitativo y cuantitativo de los estándares administrativos, técnicos, y del talento humano. El modelo cuantificado permite objetivizar este mejoramiento.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

La cuantificación debe basarse en indicadores de desempeño y eficiencia del sistema de gestión. El monitoreo del desempeño permite que los problemas se identifiquen y se implementen acciones correctivas antes de que un accidente ocurra.

- Establecer e implementar un procedimiento para desarrollar y mantener la medición del desempeño y eficiencia del sistema de gestión.
- Asignar un responsable del sistema de medición, para monitorear la efectividad del programa en forma rutinaria.
- Determinar la frecuencia de recolección de los datos.
- Determinar las áreas de las instalaciones en las cuales se debe aplicar la medición.
- Determinar los elementos del sistema de gestión para los cuales se debe aplicar la medición.
- Determinar si se usarán indicadores de desempeño, de eficiencia ó ambos.
- Definir los roles y responsabilidades del personal, para implementar la medición.
- Proveer entrenamiento general sobre el sistema de medición.

- Proveer entrenamiento detallado sobre el sistema de medición, al personal asignado con roles específicos dentro de la medición.
- Mantener registros de los datos del sistema de medición.
- Realizar auditorías de las prácticas de medición.
- Desarrollar indicadores apropiados para cada elemento aplicable del sistema de gestión.
- Asegurar la existencia de medios apropiados para recolectar datos de los elementos aplicables.
- Recolectar los datos de medición a intervalos apropiados.
- Condensar los datos de medición en un formato útil.
- Comunicar los resultados de la medición.
- Establecer límites de acción para la medición.
- Crear un proceso de comunicación para establecer acciones correctivas a los elementos del sistema de gestión.

Los indicadores de desempeño deberían estar basados en los siguientes principios guías:

- Deben provocar el mejoramiento de la seguridad de procesos y aprendizaje.
- Deben ser relativamente fáciles de implementar y entender por las partes interesadas (ej. trabajadores y público).
- Deben ser estadísticamente válidos en uno o más de los siguientes niveles: industria, compañía y sitio.
- Deben ser apropiados para evaluación comparativa de la industria, compañía o sitio.

Los incidentes de seguridad de procesos son raramente causados por una falla simple, sino por múltiples eventos o fallas coincidentes. Esta relación entre fallas simultáneas o secuenciales de sistemas múltiples fue propuesta por el psicólogo británico James T. Reason en 1990 y, es ilustrada por el "modelo de queso suizo". En el modelo de queso suizo, los peligros están contenidos por barreras de protección múltiples; las barreras de protección pueden tener debilidades o agujeros. Cuando los agujeros se alinean, el peligro pasa a través de las barreras, es liberado, resultando en el potencial de causar daño. Las barreras pueden ser activas, pasivas o administrativas (de procedimiento). Los agujeros pueden ser latentes, incipientes ó abiertos por los trabajadores. El modelo de "disco giratorio de Hart" indica que la relación entre el peligro y las barreras es dinámico, con tamaño y tipo de agujero en cada barrera, así como la alineación de los agujeros, cambiando constantemente.

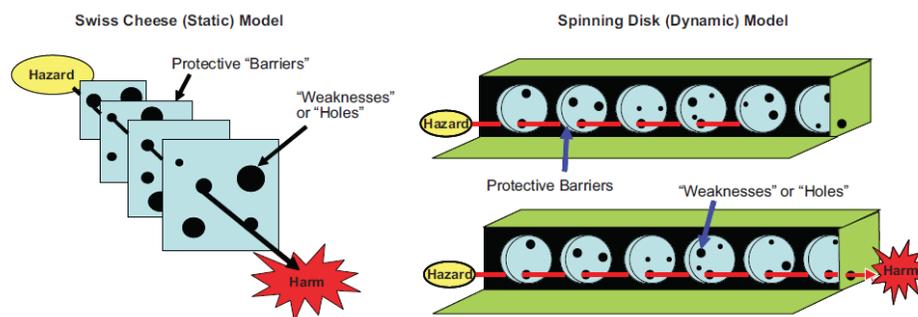


Figura 14. Modelo de queso suizo estático y disco giratorio dinámico. (American Petroleum Institute API and American National Standards Institute ANSI, 2010)

Para medir el desempeño en seguridad de procesos, muchas organizaciones incorporan indicadores proactivos y reactivos, conocidos como indicadores de desempeño. Los indicadores proactivos intentan medir variables que pueden ser un precursor o indicador del desempeño futuro de seguridad, de forma que el resultado esperado de seguridad (no

accidentes) pueda ser obtenido. Los indicadores reactivos tienen la desventaja de que sugieren acciones correctivas después de que un incidente ha ocurrido.

Indicadores de Desempeño Nivel 1: Reactivos.

Un evento de seguridad de procesos Nivel 1 es una pérdida de contención primaria con la consecuencia más grande; es una liberación no planeada, no controlada de material de un proceso, incluyendo material no tóxico, no inflamable (por ej. vapor, condensado caliente, nitrógeno, CO2 comprimido, aire comprimido) que da como resultado una o más de las siguientes consecuencias:

- Lesión con pérdida de días de trabajo y/o fatalidad, de un empleado, contratista o subcontratista.
- Hospitalización y/o fatalidad de un tercero.
- Evacuación oficial ó refugio en el sitio, de una comunidad.
- Incendio o explosión resultante en costo directo a la organización igual o mayor de \$25.000.
- Descarga a la atmósfera de un elemento de alivio de presión resultando en una o más de lo siguiente:
  - Arrastre de líquido.
  - Descarga a un lugar potencialmente inseguro.
  - Refugio en el sitio.
  - Medidas de protección al público (ej. cierre de carretera).
- Liberación de material mayor que las cantidades límites descritas en la Tabla Nivel 1, en cualquier período de 1 hora.

### Indicadores de Desempeño Nivel 2.

Un evento de seguridad de procesos Nivel 2 es una pérdida de contención primaria con una consecuencia más baja; es una liberación no planeada / no controlada de material de un proceso, incluyendo material no tóxico, no inflamable (por ej. vapor, condensado caliente, nitrógeno, CO2 comprimido, aire comprimido) que da como resultado una o más de las siguientes consecuencias y no es reportable como Nivel 1:

- Lesión registrable de un empleado, contratista o sub-contratista.
- Incendio o explosión resultante en costo directo a la organización igual o mayor de \$2.500.
- Descarga a la atmósfera de un elemento de alivio de presión resultando en una o más de lo siguiente:
  - Arrastre de líquido.
  - Descarga a un lugar potencialmente inseguro.
  - Refugio en el sitio.
  - Medidas de protección al público (ej. cierre de carretera).
- Liberación de material mayor que las cantidades límites descritas en la Tabla Nivel 2, en cualquier período de 1 hora.

### Indicadores de Desempeño Nivel 3.

Un evento de seguridad de procesos Nivel 3 es un desafío al sistema de barrera que progresó a través del camino para provocar un daño potencial, pero que es detenido por

una barrera antes de una consecuencia de pérdida de contención primaria Nivel 1 ó Nivel. Los indicadores de este nivel 3 proveen una oportunidad para identificar y corregir debilidades dentro del sistema de barrera:

- Excursiones fuera de los límites seguros de operación.
- Resultados de inspección o prueba de contención primaria fuera de los límites aceptables.
- Demandas de los sistemas de seguridad:
  - Activación de un sistema instrumentado de seguridad.
  - Activación de sistema mecánico de parada.
  - Activación de elemento de alivio de presión, no catalogado como Nivel 1 o Nivel 2.
- Otras pérdidas de contención primaria.

Indicadores de Desempeño Nivel 4: Proactivos.

Un indicador Nivel 4 típicamente representa el desempeño de componentes individuales del sistema de barreras y, están conformados por disciplina operacional y desempeño del sistema de gestión. Los indicadores de este nivel proveen una oportunidad para identificar y corregir debilidades aisladas del sistema. Los indicadores Nivel 4 son indicadores de debilidades en el sistema de seguridad de procesos que pueden contribuir a futuros eventos de seguridad de procesos Nivel 1 o Nivel 2. Los siguientes indicadores pueden ser considerados:

- Completamiento de evaluaciones de peligros de proceso.

- Cierre de planes de acción de seguridad de procesos.
- Entrenamiento completado de acuerdo a cronograma.
- Procedimientos efectivos y precisos.
- Cumplimiento de permisos de trabajo.
- Inspección de equipos críticos de seguridad.
- Gestión de deficiencias de equipos críticos de seguridad.
- Cumplimiento de Manejo de Cambios (MOC) y Revisión de seguridad previa al arranque (PSSR).
- Completamiento de simulacros de respuesta a emergencias.
- Gestión de riesgos de fatiga.



Figura 15. Indicadores de desempeño proactivos y reactivos. Elaborada por Autor. (American Petroleum Institute API and American National Standards Institute ANSI, 2010).

### **3.3 Gestión Técnica.**

#### **3.3.1 Información y gestión del conocimiento del proceso (nuevo elemento).**

La información del proceso necesaria para el diseño, operación y mantenimiento seguro de las instalaciones, es esencial para el desarrollo de un programa efectivo de gestión de seguridad de procesos.

El conocimiento del proceso no tiene que ver solamente con la recopilación de la información del proceso sino también con su gestión y difusión a través de la organización.

La competencia en seguridad de procesos se enfoca principalmente en el aprendizaje organizacional; involucra incrementar el cuerpo de conocimiento global de la organización y, cuando sea aplicable, sacar el conocimiento recientemente adquirido, a las partes apropiadas de la organización. La aplicación de este cuerpo de conocimiento del proceso, ayuda a manejar el riesgo y mejorar el desempeño de la planta.

La competencia en seguridad de procesos abarca tres acciones relacionadas:

- a) Mejorar de manera continua el conocimiento: desarrollar, descubrir, mejorar el conocimiento. Incluye medios estructurados para retener el conocimiento basado en las personas, incluyendo planes de sucesión.

- b) Asegurar que la información apropiada está disponible para el personal que la necesita.
- c) Aplicar en forma eficiente lo que se ha aprendido.

La información debe ser aplicada a través de la organización, frecuentemente mediante proyectos y esfuerzos de mejora que involucren a gurús corporativos, supervisores, ingenieros de procesos, operadores, personal de mantenimiento, y operación de instalaciones.

El principal producto de la competencia en seguridad de procesos es el entendimiento e interpretación del conocimiento, que ayude a la organización a hacer mejores decisiones e incrementar la probabilidad de que el personal que tenga que afrontar una situación anormal, tomará las acciones apropiadas. Su principal producto es el entendimiento a nivel de la organización.

- La organización debe asegurarse que la información requerida para soportar el diseño, operación y mantenimiento seguros de las instalaciones, esté identificada, actualizada y fácilmente accesible.
- Se debe establecer procedimiento(s) para definir, desarrollar y mantener la documentación y registros, necesarios para soportar la operación y mantenimiento seguros de las instalaciones.
- La documentación y registros deben estar disponibles para quienes necesitan usarlos.
- La documentación y registros, incluyendo aquellos en forma electrónica, deben ser adecuadamente protegidos.

- La organización debe establecer procedimientos para asegurar que la documentación y registros son revisados y actualizados periódicamente.
- Se debe establecer una política de retención y disposición de documentos y registros.
- La organización debe establecer un procedimiento para documentar la información del proceso (tecnología, equipos y materiales), para proporcionar una base de datos adecuada para documentar:
  - la condición construida (as-built) de las instalaciones,
  - los datos necesarios para soportar otros procedimientos, tales como manejo de cambios, análisis de riesgos, planes de respuesta a emergencias,
  - la comunicación de la información sobre sustancias peligrosas, a los empleados y contratistas.
  
- La información del proceso debe cubrir información pertinente a la tecnología, al equipo y materiales usados en el proceso, entre otros:
  - Criterios de diseño del proceso:
    - Especificaciones y bases de diseño.
    - Diagramas de flujo de proceso.
    - Límites superiores e inferiores de nivel, temperatura, presión, flujo.
    - Química del proceso, incluyendo estabilidad, reacciones, sub-productos, contaminantes, reactividad.
    - Inventarios máximos y hojas de datos de seguridad de materiales MSDS.
    - Balances de masa y energía.
  
  - Diseño del proceso y equipos:
    - Diagramas de tubería e instrumentación.

- Materiales de construcción.
- Sistemas de control.
- Sistemas de ventilación.
- Sistemas de alivio.
- Códigos y estándares de diseño.
- Clasificación eléctrica de áreas.
- Planos de ubicación.
- Planos eléctricos.
- Diagramas de conexión de instrumentación.
- Matrices Causa-Efecto.
- Inspecciones, pruebas, mantenimiento, modificaciones de equipos.
- Hojas de datos y manuales de equipos.
- Listado de equipos críticos
- Sistemas de prevención y monitoreo de corrosión.
- Mapas de Ruido.
  
- Sistemas de protección:
  - Sistemas de detección de fuego y gas.
  - Sistemas de protección contra incendios.
  - Alarmas críticas.
  - Enclavamientos críticos.
  - Sistemas de alivio y venteo.
  - Válvulas de aislamiento de emergencia.
  
- Procedimientos de operación.

- Filosofía de operación, control y parada de emergencia.
- Arranque inicial.
- Operación normal
- Parada normal.
- Parada de emergencia.
- Arranque luego de parada normal o de emergencia.

Compartir información relevante de seguridad y lecciones aprendidas de incidentes con otras organizaciones, puede ayudar a prevenir accidentes y salvar vidas.

- Establecer una política formal para la publicación oportuna de información relacionada con seguridad de procesos.
- Preparar un procedimiento interno involucrando departamentos corporativos apropiados (legal, relaciones públicas, técnico).
- Identificar medios de comunicación con los cuales compartir rutinariamente la información.
- Fomentar la publicación de estudios sobre seguridad de procesos.
- Documentar el conocimiento e información obtenida de la experiencia de operación de la planta, que es importante para la seguridad futura de la instalación, mediante un sistema que preserve dicha información a pesar de cambios del personal u organizacional.

### **3.3.2 Identificación de factores de riesgo.**

El Modelo Ecuador establece que:

La identificación de los factores de riesgo se realizará utilizando procedimientos reconocidos en el ámbito nacional ó, internacional en ausencia de los primeros. Asimismo, se posibilitará la participación de los trabajadores implicados en la identificación de los factores de riesgo.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

La gestión de riesgos engloba las actividades involucradas en identificar peligros y evaluar riesgos en las instalaciones, a través de su ciclo de vida (diseño, construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento), para asegurar que los riesgos al personal, al ambiente, ó a las instalaciones, son controlados en forma eficiente, dentro de la tolerancia de riesgo de la organización. Estas actividades involucran típicamente cuatro preguntas principales, a un nivel de detalle acorde con los objetivos del análisis, la etapa del ciclo de vida, información y recursos disponibles. Las cuatro preguntas principales son:

- Peligro: ¿Qué puede salir mal? - Identificación.
- Consecuencia: ¿Cuán mal podría ir? - Medición.
- Probabilidad: ¿Cuán frecuente podría suceder? - Evaluación.
- Acción: ¿Qué se debe hacer? - Control.

La organización debe asegurar la implementación de un proceso completo de gestión de riesgos, que en forma sistemática identifique, evalúe y controle apropiadamente los riesgos generados en las operaciones de la organización.

Los siguientes principios claves deberían ser abordados cuando se desarrolla un sistema de gestión de riesgos de procesos:

- Mantener una práctica confiable.
  - Documentar el sistema de gestión de riesgos.
  - Integrar las actividades de identificación de peligros y análisis de riesgos, en el ciclo de vida de proyectos o procesos.
  - Definir el alcance de la identificación de peligros y análisis de riesgos y asegurar una cobertura adecuada.
  - Determinar el alcance físico del sistema de gestión de riesgos.
  - Involucrar personal competente.
  - Efectuar juicios eficientes de riesgo.
  - Verificar que las prácticas de identificación de peligros y análisis de riesgos permanezcan efectivas.
  
- Identificar peligros y evaluar riesgos.
  - Reunir y usar datos apropiados para identificar peligros y evaluar riesgos.
  - Seleccionar métodos apropiados de identificación de peligros y análisis de riesgos.
  - Asegurar que los revisores de identificación de peligros y análisis de riesgos tengan experiencia apropiada.

- Efectuar actividades de análisis de riesgos al nivel apropiado de rigor técnico, de acuerdo con la etapa de ciclo de vida y con la información disponible del proceso.
- Preparar un reporte completo de evaluación de riesgo.
  
- Efectuar decisiones basadas en el riesgo.
  - Aplicar el criterio de tolerancia al riesgo.
  - Seleccionar medidas apropiadas de control de riesgo.
  
- Dar seguimiento a los resultados de evaluaciones.
  - Comunicar resultados importantes a la gerencia.
  - Documentar el riesgo residual.
  - Responder y completar las recomendaciones.
  - Comunicar internamente los resultados.
  - Comunicar externamente los resultados.
  - Mantener registros de evaluación de riesgos.

El paso más importante en la gestión de riesgos de procesos es la identificación de los peligros, ya que si no son identificados, no podrán ser considerados en la implementación de un programa de reducción de riesgos.

La identificación de peligros y análisis de riesgos puede ser efectuada en cualquier etapa en el ciclo de vida de un proyecto: diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado, construcción, operación, desmantelamiento. Mientras más temprano en el ciclo de vida de una instalación ó proceso, se realice la identificación y el análisis de riesgos, es más

efectiva la relación costo-beneficio. La Figura 16 presenta los métodos de identificación de riesgos más aplicables para las diferentes etapas de un proyecto de una instalación de producción:

| ETAPA DEL PROYECTO         | MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS  |
|----------------------------|--|
| INGENIERÍA CONCEPTUAL      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANÁLISIS PRELIMINAR DE RIESGOS (APR / PHA).</li> <li>• ¿QUE PASA SI? (QPS / WHAT IF?).</li> </ul>   |
| INGENIERÍA BÁSICA          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿QUE PASA SI? (QPS / WHAT IF?).</li> <li>• LISTAS DE COMPROBACIÓN (CHECKLIST).</li> </ul>   |
| INGENIERÍA DE DETALLE      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANÁLISIS DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP).</li> <li>• MODOS DE FALLAS Y EFECTOS (FMEA).</li> <li>• ARBOL DE FALLAS (FAULT TREE).</li> </ul> |
| FABRICACIÓN / CONSTRUCCIÓN | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANÁLISIS DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP).</li> <li>• LISTAS DE COMPROBACIÓN (CHECKLIST).</li> </ul>  |
| COMISIONAMIENTO / ARRANQUE | <ul style="list-style-type: none"> <li>• REVISIÓN DE SEGURIDAD PREVIA AL ARRANQUE</li> </ul>   |

Figura 16. Técnicas de identificación de riesgos aplicables durante el ciclo de vida de un proyecto (Sutton, 2010).

Un estudio de identificación de peligros y análisis de riesgos es realizado típicamente por un equipo de expertos calificados en el proceso, materiales, actividades de trabajo. Una persona que tiene conocimiento formal en métodos de análisis de riesgos, usualmente lidera estos equipos, aplicando la técnica(s) de análisis seleccionada, con especialistas de ingeniería, operaciones, mantenimiento, seguridad y otras disciplinas necesarias.

A continuación se listan algunos peligros / aspectos que podrían ser considerados en varias etapas en el ciclo de vida de un proyecto:

Etapa del Ciclo de vida. Peligro / Aspecto técnico a considerar.

Diseño/Ingeniería Conceptual:

Toxicidad química y reactividad.

Fuego y explosión.

Peligros ambientales.

Límites permisibles.

Criterios de asentamiento.

Seguridad intrínseca.

Diagrama de flujo de procesos:

Implantación y espaciamento.

Requerimientos de edificios.

Clasificación eléctrica.

Escenarios peor-caso.

Planes de respuesta a emergencias.

Seguridad intrínseca.

Límites permisibles.

Inventarios de materiales peligrosos.

Estimaciones cualitativas de impactos.

Diseño/Ingeniería de Detalle: Errores operativos.

Puntos de falla simple.

Puntos de falla múltiple.

Niveles de integridad de seguridad.

Falla de utilidades.

|                   |  |
|-------------------|--|
|                   | Desviaciones de proceso.                           |
|                   | Estimados cuantitativos de frecuencias e impactos. |
| Construcción:     | Levantamientos pesados.                            |
|                   | Modificaciones de campo.                           |
|                   | Cantidad de personal.                              |
|                   | Disrupción de procesos existentes.                 |
|                   | Disrupción de utilidades.                          |
| Post-arranque:    | Errores operacionales.                             |
|                   | Errores de mantenimiento.                          |
|                   | Actividades temporales.                            |
|                   | Niveles de integridad de seguridad.                |
|                   | Planes de respuesta a emergencias.                 |
|                   | Desviaciones de proceso.                           |
| Desmantelamiento: | Emisión de residuos.                               |
|                   | Reacción de residuos.                              |
|                   | Disposición de desechos.                           |
|                   | Disrupción de procesos remanentes.                 |

### **3.3.3 Medición de factores de riesgo.**

El Modelo Ecuador establece que:

Los métodos de medición tendrán reconocimiento y vigencia nacional o internacional a falta de los primeros. Los equipos utilizados tendrán certificados de calibración, y las mediciones se realizarán tras haberse establecido técnicamente la estrategia del muestreo.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

Una vez que los peligros han sido identificados, el riesgo debe ser estimado respecto a las consecuencias potenciales y probabilidad de ocurrencia, usando metodologías cualitativas o cuantitativas. Posteriormente el riesgo deberá ser evaluado (evaluación del riesgo).

Varias metodologías de análisis están disponibles de acuerdo al alcance y necesidades del proceso:

(1) Metodologías cualitativas para análisis / identificación de peligros:

- a. Análisis de Peligros y Operabilidad HAZOP,
- b. Análisis Que Pasaría-Si,
- c. Lista de chequeo,
- d. Análisis de Modos y Efectos de Falla (FMEA).

(2) Metodologías semi-cuantitativas para análisis / identificación de peligros:

- a. Análisis de Modos, Efecto y Criticidad de fallas (FMECA),
- b. Análisis de capas de protección (LOPA).

(3) Metodologías Cuantitativas para análisis / identificación de peligros:

- a. Arboles de falla.
- b. Arboles de eventos.

c. Análisis cuantitativos de riesgos (ACR).

En cada etapa en el ciclo de vida de un proyecto, un equipo de revisión cuestiona a los expertos del proceso, acerca de los posibles peligros y juzga el riesgo de los peligros que son identificados. Varios métodos comunes existen para cuestionar un diseño, desde listas de chequeo cualitativas simples, hasta análisis de árboles de falla cuantitativos complejos. Los resultados del proceso de revisión son documentados típicamente en un formato de hoja de trabajo, el cual varía en detalle, dependiendo de la etapa del proyecto y el método de evaluación usado. Los estudios de riesgos en los procesos operativos son típicamente actualizados o revalidados en forma periódica.

### **3.3.4 Evaluación de factores de riesgo.**

El Modelo Ecuador establece que:

Los valores límites ambientales y/o biológicos utilizados en la evaluación tendrán vigencia y reconocimiento nacional o internacional a falta de los primeros. Se privilegiarán los indicadores biológicos frente a cualquier limitación de los indicadores ambientales. La evaluación será integral y se interpretarán las tendencias en el tiempo antes que los valores puntuales.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

El riesgo total debe ser evaluado comparándolo contra criterios de aceptabilidad /

tolerabilidad al riesgo. La organización debe establecer y comunicar su nivel de tolerabilidad al riesgo, a los equipos de evaluación de riesgos, de forma que éstos puedan efectuar la evaluación del riesgo. Esta guía puede estar en forma simple, cualitativa, tal como una instrucción que la instalación debe cumplir con buenas prácticas de ingeniería reconocidas y generalmente aceptadas, ó que los riesgos deben ser reducidos a un valor tan bajo como sea razonablemente práctico (ALARP). Algunas organizaciones desarrollan y utilizan una matriz de riesgos, para establecer su tolerancia para cualquier escenario dentro de un rango específico de severidad y probabilidad. Estas categorías pueden ser definidas ya sea cualitativa o cuantitativamente. Algunas organizaciones escogen (o las entidades reguladoras imponen) algunos criterios absolutos de riesgo, tal que eventos de cierta magnitud no deberán exceder una probabilidad específica, por ejemplo: la probabilidad de la fatalidad de un trabajador en una instalación no deberá exceder  $10^{-4}$  eventos/año. La Figura 17 presenta algunos criterios de tolerancia al riesgo (fatalidades / hombre.año), empleados en Australia, Hong Kong, Holanda, Reino Unido:

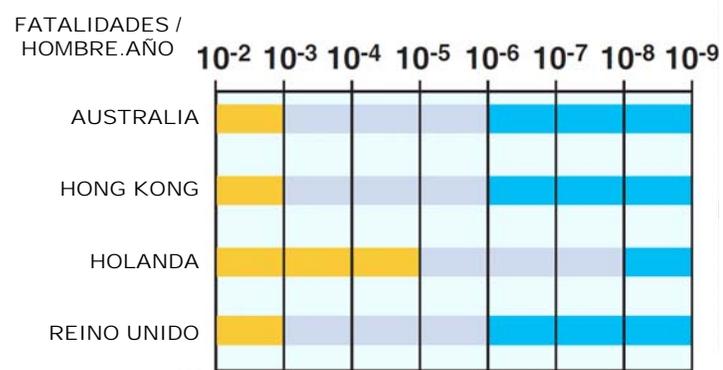


Figura 17. Niveles tolerables de riesgo en varios países (Schmidt, 2007).

- Las evaluaciones de riesgos deben considerar el riesgo a: salud y seguridad de personal (empleados, contratistas y público), ambiente, reputación, propiedad (propia y de terceros), interrupción del negocio, seguridad física y, clientes.
- El nivel tolerable de riesgo debe ser definido para todos los riesgos (salud y seguridad del personal, ambiente, propiedad y pérdida financiera), y debe ser entendido y aplicado en forma eficiente en la organización.
- Las evaluaciones de riesgos deben ser conducidas para operaciones existentes, proyectos nuevos, modificaciones, materiales peligrosos, productos, servicios.
- Las evaluaciones de riesgos deben considerar los factores humanos y organizacionales. Deben ser actualizadas conforme ocurren cambios, revisadas y actualizadas periódicamente con una frecuencia apropiada definida.
- Las evaluaciones de riesgos deben ser llevadas a cabo por personal competente, con independencia apropiada.
- Las evaluaciones de riesgos deben ser revisadas, aprobadas por niveles específicos de la gerencia, de acuerdo a la magnitud del riesgo. Las acciones tomadas deben ser documentadas.

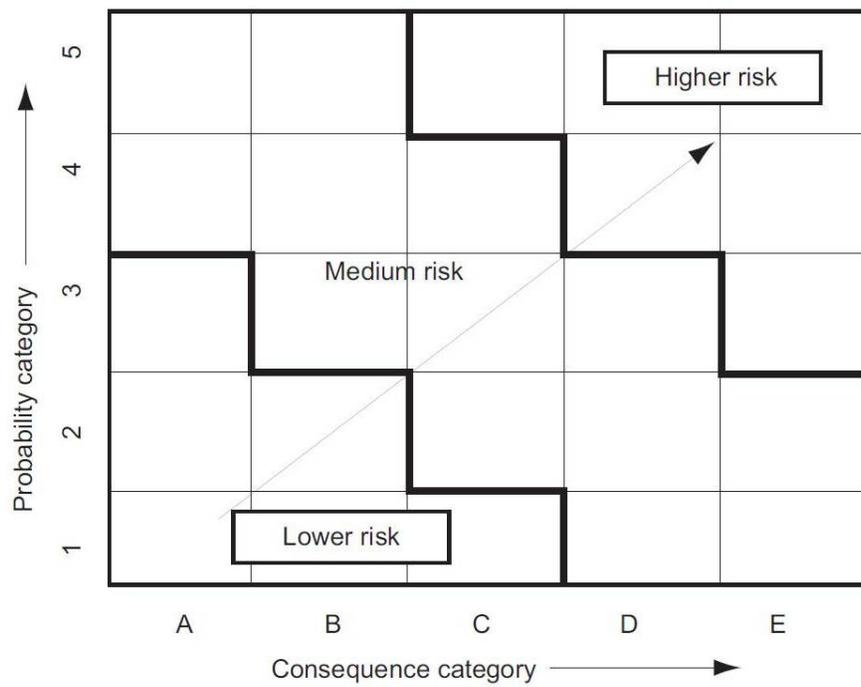


Figura 18. Matriz cualitativa de riesgo: Severidad - Probabilidad. (American Petroleum Institute API, 2009)

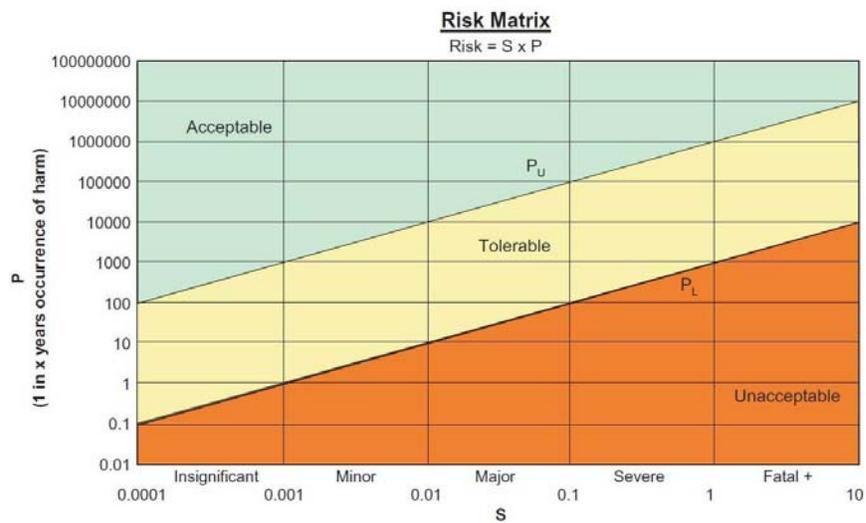


Figura 19. Matriz cuantitativa de riesgo: Severidad - Probabilidad. (Woodruff, 2005)

### **3.3.5 Control Operativo Integral.**

El Modelo Ecuador establece que:

Los programas de control de riesgos tendrán como requisito previo ineludible su evaluación. Los controles técnicos privilegiarán las actuaciones en cuanto al diseño, fuente, transmisión, receptor (en este orden). Por último, los controles con respecto a las personas favorecerán la selección técnica en función de los riesgos a los que se expondrán los trabajadores.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

Luego de la evaluación del riesgo, se deben tomar acciones para reducir los riesgos considerados inaceptables. La organización deberá especificar su preferencia por los tipos de medidas de control de riesgo a emplear; por ejemplo, una organización puede preferir alternativas de diseño inherentemente más seguro en lugar de aquellas que requieren controles de riesgo, puede preferir controles pasivos a controles activos, ó puede preferir controles de ingeniería a controles administrativos.

El diseño inherentemente más seguro es eliminar o reducir el peligro, por medio del cambio integral del proceso ó diseño de la planta, mediante el uso de materiales y condiciones menos ó no peligrosas. Los sistemas de seguridad pasivos minimizan los peligros mediante elementos de diseño que reducen ya sea la frecuencia ó la consecuencia de un incidente, sin el funcionamiento activo de sistemas. Los sistemas de seguridad

activos incluyen los sistemas de control de procesos, sistemas instrumentados de seguridad (SIS), sistemas de mitigación de incidentes (ej. rociadores para extinción de incendios); los sistemas activos pueden estar diseñados para prevenir un incidente ó para minimizar sus consecuencias. Los sistemas administrativos incluyen procedimientos de operación, reglas y procedimientos de seguridad, entrenamiento, procedimientos de respuesta a emergencias. **(Hendershot, 2010).**

La seguridad inherente elimina o reduce los peligros mediante el diseño. Decisiones estratégicas pueden implementarse temprano en el diseño del proceso, las cuales son inherentes, pasivas, y por lo tanto menos propensas a fallas. Decisiones tácticas pueden implementarse tarde en el diseño del proceso, las cuales son costosas, activas, necesitan continua supervisión para permanecer efectivas. La seguridad inherente es por tanto mejor, aplicada con la siguiente jerarquización:

- Minimizar: Usar cantidades menores de sustancias peligrosas.
- Sustituir: reemplazar un material con una sustancia menos peligrosa.
- Moderar: Usar condiciones menos peligrosas, una forma menos peligrosa de una sustancia, instalaciones que minimicen el impacto de la liberación de un material o energía peligrosa.
- Simplificar: Diseñar los procesos e instalaciones eliminando complejidades innecesarias y eviten así errores operativos.
- Se debe identificar e implementar medidas de control de riesgos, usando una categorización de control (activas, pasivas, procedimentales), para llevar los riesgos identificados, a un nivel tolerable.

- El estado de las medidas de control de riesgos debe ser revisado a intervalos regulares, por la gerencia, para asegurar que las recomendaciones sean resueltas de manera oportuna.

|            |  | Example Measure  |
|------------|--|--|
| Passive    | eliminate hazard                                       | substitute with nonhazardous material/process conditions   |
|            | prevent release<br>(i.e. reduce frequency of scenario) | upgrade metallurgy or design of equipment<br>reduce leak sources (eliminate flanges, drains, small bore piping, etc.)<br>rate equipment for maximum upset pressure   |
|            | control size of scenario                               | minimize confinement<br>minimize congestion<br>utilize spill control dikes, curbs, etc., to limit extent of pool fires and limit vapor dispersion from pools of flashing liquids<br>minimize release rate—provide process flow restrictions (either limiting pipe size or adding restricting orifices) to reduce the potential severity of a release from downstream equipment<br>reduce inventory of hazardous material (can reduce duration of fire and gas release scenarios) |
|            | mitigate effect to building occupants                  | relocate personnel (especially personnel that are not essential)<br>design or upgrade existing building to protect occupants from explosion, fire, or toxics<br>tightly seal windows and tight double doors (airlocks) to minimize toxic/flamable gas and smoke ingress  |
| Active     | prevent release<br>(i.e. reduce frequency of scenario) | safety instrumented systems  |
|            | control size of scenario                               | fire and gas/emergency shutdown systems (reducing quantity released)<br>fixed/automatic active fire fighting systems   |
|            | mitigate effect to building occupants                  | issue occupants with personal protective equipment (PPE) for hazards<br>HVAC air intake shut down on detection of flammable/toxic gas  |
| Procedural | prevent release<br>(i.e. reduce frequency of scenario) | mechanical integrity inspection<br>permits for hot work, lockout/tagout, line breaking, lifting, etc.<br>sampling to prevent contamination of reactive material  |
|            | control size of scenario                               | manual active fire fighting systems  |
|            | mitigate effect to building occupants                  | emergency response plan including, as appropriate: evacuation, escape routes, shelter-in-place, etc.<br>evacuate building occupants during start-up and planned shutdowns  |

Figura 20. Medidas de mitigación para control de riesgos (American Petroleum Institute API, 2009).

El principio ALARP (tan bajo como sea razonablemente práctico) desarrollado por la Oficina Ejecutiva de Seguridad y Salud del Reino Unido (HSE UK), establece que los riesgos deberían ser reducidos a un nivel tan bajo como sea razonablemente práctico. El principio ALARP divide el riesgo en 3 áreas: riesgo Intolerable en el extremo alto, riesgo Despreciable en el extremo bajo y, riesgo Tolerable en la región intermedia entre los dos

anteriores. El riesgo en la región media puede ser tolerado a condición de que todas las medidas costo-beneficio para reducir el riesgo hayan sido implementadas. Cualquier organización que opere un proceso con riesgos en la región Tolerable, debería demostrar que ha alcanzado el riesgo más bajo posible, considerando el costo vs. la reducción del riesgo:

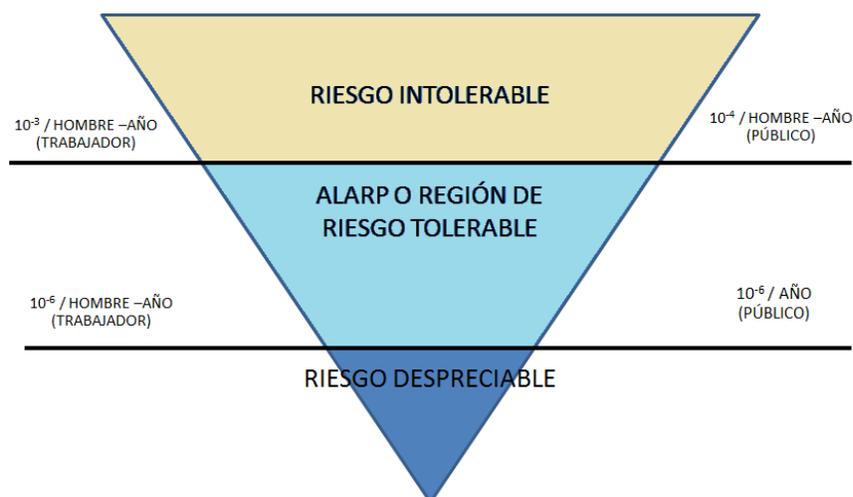


Figura 21. Principio ALARP de tolerabilidad al riesgo. (Schmidt, 2007).

### 3.3.6 Vigilancia ambiental y de la salud.

El Modelo Ecuador establece:

Para vigilar los factores de riesgo, se establecerá un programa de vigilancia ambiental y biológico de los factores de riesgo a los que están expuestos los trabajadores. La frecuencia de las actividades relacionadas con dicha vigilancia se establecerá en función de la magnitud y el tipo de riesgo y los procedimientos tendrán validez nacional, o internacional

a falta de los primeros. Aquellos exámenes médicos de control que se realicen, tendrán un carácter específico en función de los factores de riesgo: a) exámenes previos a trabajadores nuevos, b) exámenes periódicos en función de los riesgos a los que está expuesto el trabajador, c) exámenes previos a la reincorporación laboral, y d) exámenes al término de la relación laboral.

La vigilancia de la salud se realizará respetando el derecho a la intimidad, y a la confidencialidad de toda información relacionada con su estado de salud, y el resultado se comunicará al trabajador afectado. Se realizará una vigilancia especial para el caso de trabajadores vulnerables, incluyendo en esta categoría a aquellos sensibles a determinados riesgos, a las mujeres embarazadas, a los trabajadores en edades extremas, y/o los trabajadores temporales (tercerizados, contratados, etc.).

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.4 Gestión del Talento Humano.**

#### **3.4.1 Selección, ubicación y competencia del personal.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se realizará la selección del trabajador previa su asignación, considerando los factores de riesgo a los que se expondrá. Los programas de selección garantizan la competencia física

y mental suficiente para realizar su trabajo o que puedan adquirirlas mediante capacitación y entrenamiento. Se realizarán evaluaciones individuales, incluyendo al nivel de dirección, del estado físico psicológico mediante exámenes médicos y pruebas de actitudes y aptitudes específicas. Asimismo se cumplirá con lo dispuesto por la autoridad competente respecto a la reubicación del trabajador en otras áreas de la empresa, con el fin de utilizar la capacidad remanente del accidentado y para evitar el agravamiento de patologías. La reubicación por motivos de salud y seguridad se concretará previo consentimiento del trabajador.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

El correcto control de las operaciones depende en gran medida de tener personal competente para cada función. La alta dirección de la organización debe asegurarse de que el personal existente y nuevo tenga las competencias requeridas y adecuadas a cada puesto de trabajo.

La organización debe asegurarse que:

- Las competencias requeridas en seguridad, salud, ambiente y seguridad de procesos, aptitud para el trabajo, así como los requerimientos de monitoreo de la salud, estén definidos para todos los puestos de trabajo en la organización.
- Se implemente un proceso para selección de empleados y asignación de puestos de trabajo, que confirme el cumplimiento con los requerimientos especificados para dichos puestos de trabajo.

- La experiencia y el conocimiento individual y colectivo sean mantenidos y considerados cuando existan cambios de personal.
- Los roles, responsabilidades y carga de tareas sean realísticos, diseñados considerando las capacidades y limitaciones humanas, así como otros factores humanos y organizacionales.
- Efectuar un proceso de inducción apropiado para el personal que es promovido a un nuevo puesto de trabajo.
- Elaborar un plan de desarrollo y sucesión para todas las funciones con responsabilidad en seguridad ocupacional y seguridad de procesos.
- La estructura organizacional y continuidad de funciones de seguridad de procesos es revisada anualmente, para asegurar que es adecuada para cumplir las expectativas de la organización.
- La competencia y aptitud para el trabajo deben ser regularmente evaluadas respecto a los requerimientos de sus roles y responsabilidades.
- Las necesidades de entrenamiento y desarrollo deben identificarse a través de un proceso sistemático.
- Un programa de entrenamiento y desarrollo sistemático y efectivo debe asegurar que cada persona es competente para entender, aceptar y desempeñarse de acuerdo a las responsabilidades definidas en seguridad, salud y ambiente, para su puesto de trabajo.
- Un programa de entrenamiento y desarrollo debe ser una combinación de curso formal, tutoría y trabajo práctico.
- El programa de entrenamiento y desarrollo debe ser revisado formalmente para evaluar su efectividad e identificar aspectos que requieren ser mejorados.

- Los planes para selección, ubicación, competencia y aseguramiento de la salud, deben ser entendidos ya aplicados, así como evaluados regularmente.
- Las tendencias de cumplimiento y desempeño deben ser periódicamente revisados por la dirección de la organización.

Otro producto importante del subelemento competencia en seguridad de procesos es el manejo efectivo de las transiciones de personal. Cierta información tendrá que ser pasada a través de proyectos de mentorías y colaboración, ambas actividades requieren compromiso gerencial activo para asegurar el éxito. Una actividad estrechamente relacionada es la planeación de sucesión, la cual es una actividad intencional que ayuda a asegurar que las posiciones claves están cubiertas por individuos que poseen conocimiento específico y experiencia.

### **3.4.2 Información interna y externa.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se definirá un sistema de información interna y externa en relación con la empresa para tiempos de operación normales o de emergencia. También se informará internamente a los trabajadores (incluyendo el personal temporal, contratado, subcontratado) sobre los factores de riesgo de su puesto de trabajo y sobre los riesgos generales de la organización. Si fuese necesario, se informará externamente a asociaciones y medios de comunicación y/o al público general sobre la gestión de seguridad y salud que desarrolla la empresa.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.4.3 Comunicación interna y externa.**

El Modelo Ecuador establece que:

Se implantará bajo responsabilidad de los jefes de área, un sistema de comunicación vertical escrita hacia los trabajadores sobre política, organización, responsabilidades en salud y seguridad, normas de actuación, procedimientos de control de riesgos, etc. Bajo la responsabilidad de los jefes de cada área, también se implementará un sistema de comunicación ascendente, desde los trabajadores para divulgar información sobre condiciones y/o acciones subestándares y sobre factores personales o de trabajo, u otras causas potenciales de accidentes, enfermedades profesionales o pérdidas.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.4.4 Capacitación y aseguramiento del desempeño.**

El Modelo Ecuador establece que:

La capacitación deberá ser una de las prioridades para alcanzar niveles superiores de seguridad y salud, y se hará de manera sistemática y documentada. Se impartirá capacitación específica sobre los riesgos del puesto de trabajo y sobre los riesgos generales de la organización. En general, esta capacitación se implementará basándose en estos pasos o ciclo:

- a) identificación de las necesidades de capacitación,
- b) definición de planes de objetivos y cronogramas,
- c) desarrollo de las actividades de capacitación y,
- d) evaluación de la eficiencia y eficacia de la capacitación.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

- El personal técnico que opera las instalaciones de producción requiere ser entrenado en las habilidades correctas y, tener un re-entrenamiento periódico para mantener sus habilidades.
- El personal técnico clave debe identificarse y, sus habilidades y conocimientos requeridos deben documentarse.
- Los procedimientos de trabajo, junto con las descripciones de trabajo y análisis de seguridad de tareas, proveen la base para el desarrollo de programas de entrenamiento.
- Empleados y contratistas deben ser entrenados para entender y usar los procedimientos de seguridad aplicables, tales como: reglas de seguridad, procedimientos de permisos de trabajo, procedimientos de emergencia, peligros específicos del área de trabajo, peligros específicos de los materiales.

- Una prueba de competencia debería ser tomada a los empleados y contratistas para asegurar que la información provista en el entrenamiento ha sido entendida.
- Usar criterios específicos para la selección y entrenamiento de los instructores, para asegurar que los instructores tienen habilidades suficientes de enseñanza y comunicación, así como el conocimiento técnico necesario.
- Documentar los registros de entrenamiento, incluyendo el tema, fecha, instructor, resultados de verificación de competencia. Estos registros son usados luego para programar el entrenamiento periódico.
- El entrenamiento periódico es necesario para asegurar que las habilidades del personal permanezcan en un nivel consistente con la operación segura de las instalaciones, especialmente cuando los procedimientos son actualizados o se añade nuevo equipo.

### **3.4.5 Adiestramiento.**

El Modelo Ecuador establece que:

El programa de adiestramiento pondrá especial énfasis en el caso de los trabajadores que realicen actividades críticas de alto riesgo y de los brigadistas (equipos de respuesta a emergencias e incendios). Este adiestramiento será sistemático y documentado, y se implementará a partir de estos pasos o ciclos:

- a) identificación de las necesidades de adiestramiento.
- b) definición de planes, objetivos, cronogramas.
- c) desarrollo de las actividades de capacitación.
- d) evaluación de la eficiencia y eficacia del adiestramiento.

El Modelo Ecuador establece, respecto a formación de especialización, que:

Es esencial que los profesionales con responsabilidades de gestión en salud y seguridad en el interior de la organización tengan la competencia suficiente para fundamentar su actuación con éxito. Es recomendable que los profesionales indicados tengan una certificación acorde a la ley, es decir título de cuarto nivel, debidamente reconocida por la autoridad competente.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.4.6 Incentivo, estímulo, motivación y participación de los trabajadores.**

El logro de altos niveles de desempeño en seguridad, salud ocupacional, ambiente y seguridad de procesos, requiere la participación y motivación de la fuerza laboral. La Dirección de la organización debe involucrar y empoderar a la fuerza laboral, en la identificación y gestión de los peligros de seguridad, salud ocupacional, ambiente y seguridad de procesos.

Los trabajadores directamente involucrados en la operación y mantenimiento de las instalaciones, son los más expuestos a los peligros del proceso; estos trabajadores son el personal que más conoce los detalles día a día de la operación y mantenimiento de los

equipos e instalaciones de proceso, y pueden ser la única fuente de algunos tipos de conocimiento obtenidos a través de sus experiencias únicas; por tanto su involucramiento constituye un mecanismo para aprovechar este valioso conocimiento.

- La Dirección de la organización debe promover un ambiente abierto y de confianza y, entender cómo su comportamiento impacta a la organización.
- Los empleados y contratistas deben estar activamente involucrados en el mejoramiento del desempeño en seguridad, salud ocupacional, ambiente y seguridad de procesos y, tener entendimiento de la identificación y control de los peligros de seguridad de procesos.
- La dirección debe involucrar a los empleados y contratistas en una comunicación de dos vías respecto a asuntos de políticas, objetivos y metas desempeño, planes de acción y difusión de lecciones aprendidas respecto de seguridad ocupacional, ambiente y seguridad de procesos, desde el interior y exterior de la organización.
- Establecer programas sistemáticos de promoción e involucramiento, para incrementar en forma continua la concientización de los empleados y contratistas, respecto a los asuntos de seguridad, salud, ambiente, para de esta manera contribuir a la construcción de una cultura de apertura, transparencia, motivacional, de responsabilidad, participación y compromiso individual.
- Asegurar la existencia de mecanismos para que los trabajadores accedan a la información que necesitan para realizar sus actividades, incluyendo el cumplimiento de sus responsabilidades para lograr la implementación del sistema de gestión de seguridad.

### **3.4.7 Factores humanos (nuevo elemento).**

Los factores humanos son uno de los contribuyentes significativos a muchos incidentes de procesos.

Interfases equipo / proceso con operador: El diseño de los equipos puede incrementar el potencial de error. Los sistemas de control computarizados pueden confrontar a los operadores con cantidades inmanejables de información durante una condición anormal. Las interfaces que deberían ser examinadas por problemas potenciales son: pantallas de alarmas, pantalla de información, ergonomía.

Un análisis de tarea (paso a paso para examinar como será efectuado un trabajo) puede ser usado para determinar que puede salir mal durante la tarea y como estas áreas de potenciales problemas pueden ser controladas.

Control administrativo vs. control de ingeniería: Los peligros pueden ser controlados mediante el uso de procedimientos ó, mediante la adición de equipo de protección. El balance entre estos dos aspectos mencionados depende de la cultura y recursos económicos de la organización.

Evaluación del error humano: El error humano es un hecho de la vida. Los individuos y las organizaciones se comportan influenciadas fuertemente por factores como el entendimiento, juicio y motivación. Las acciones pueden variar dependiendo del individuo y la situación.

Se requiere entender los errores humanos de forma tal que los sistemas puedan ser diseñados para prevenir su ocurrencia ó mitigar sus efectos. Esto aplica al diseño, construcción, mantenimiento y operación.

El error humano debería por lo dicho, ser tratado como normal durante el diseño de equipos, procedimientos. Anticipando los modos de falla humano, los sistemas pueden ser diseñados para facilitar el reconocimiento de la ocurrencia de un error y retornar a un estado seguro.

Los modos comunes de falla humana incluyen: Omisiones de pasos ó efectuados al tiempo incorrecto; errores en donde la instrucción efectuada no es apropiada para la situación; violaciones donde instrucciones son deliberadamente ignoradas.

Es útil mirar además de los modos que una persona puede cometer una falla, considerar como trabajan normalmente. Hay 3 modos principales de comportamiento: Basado en el conocimiento, basado en las reglas y, basado en las habilidades.

La evaluación del error humano debe incluir las fallas activas y latentes. Fallas activas son aquellas que causan un efecto adverso inmediato, por ej. La apertura de una válvula incorrecta. Fallas latentes son aquellas donde el efecto no puede ser notado por algún tiempo, pero bajo ciertas condiciones se puede producir un incidente.

### **3.5 Procedimientos y programas operativos básicos.**

De acuerdo con el tipo y magnitud de los factores de riesgo y el tipo y magnitud de la organización, y solo después de realizar el diagnóstico del sistema de gestión, se

desarrollarán procesos operativos en mayor o menor profundidad y como procedimientos las actividades que a continuación se detallan.

### **3.5.1 Vigilancia de la salud de los trabajadores (vigilancia epidemiológica).**

El Modelo Ecuador establece que:

Comprende la valoración periódica, individual y colectiva de todos los integrantes de la organización. Se establecerán los grupos vulnerables: mujeres embarazadas, minusválidos, adolescentes, adultos mayores, así como los grupos con sensibilidades especiales. Se recomienda realizar la valoración colectiva siguiendo el esquema propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT), y deberá incluir la valoración biológica de exposición y efectos, las pruebas de tamizado a todos los trabajadores aparentemente sanos y los reconocimientos médicos de ingreso, periódicos, reingreso, de salida, y especiales. Así mismo, se realizará una valoración morfo-fisiológica, es decir valores a ser identificados y valorados sobre la población laboral expuesta y que está en función de: a) la exposición definida por el producto entre el tiempo de exposición y la concentración o nivel del agente, y b) la susceptibilidad individual que depende de factores intrínsecos como el código genético, la raza, el sexo, etc., y de factores extrínsecos como la calidad de la alimentación, hábitos higiénicos, etc. Se evitará la exposición de grupos especiales como hipersensibles, embarazadas, discapacitados, grupos en edades extremas. Se registrarán todos los efectos perjudiciales para la salud de

los trabajadores, y se favorecerá la detección precoz sin dejar de considerar la fiabilidad y especificidad del método utilizado.

El Modelo Ecuador establece, respecto a factores de riesgo psicosociales, que:

La satisfacción laboral como un indicador preventivo de excelencia organizacional y como un sinónimo de implicación; deberá valorar la percepción que tenga el trabajador de su trabajo y, asimismo, la organización y la distribución del trabajo.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.5.2 Investigación de accidentes, incidentes, y enfermedades profesionales.**

El Modelo Ecuador establece que:

Todo accidente que cause la baja de una jornada laboral en adelante será investigado de acuerdo con la norma nacional vigente, en su ausencia o como complemento de esta. La organización podrá adoptar un modelo de investigación propio o el de una institución u organización de reconocido prestigio. Toda enfermedad laboral deberá investigarse a partir de la respectiva historia médica laboral, en la que se deberán constar los agentes causales,

el nivel de la exposición ambiental, los resultados de las valoraciones médicas específicas y de los hallazgos relacionados con los agentes y la exposición, su evolución y pronóstico.

Las investigaciones de los accidentes y de las enfermedades profesionales deberán especificar cualquier invalidez causada, la región anatómica, órganos y sistemas comprometidos, la duración estimada de la baja (sea temporal o permanente), y si la incapacidad es parcial, total o absoluta. En caso de que no sea posible precisar el tiempo o grado de invalidez, se determinarán las fechas de los próximos análisis dejando explicitado que la valoración realizada a la fecha es provisional. Se realizará un esquema representativo de la secuencia de accidente-incidente. En la investigación de accidentes se establecerán los factores del ambiente laboral y del trabajador que causaron el accidente, se precisará el grado de responsabilidades administrativas y técnicas, las pérdidas económicas, el daño a la propiedad, el tiempo de paro productivo y el impacto medioambiental, etc., generados por el accidente.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

- Un aspecto esencial del mejoramiento del desempeño en seguridad de procesos es aprender de accidentes e incidentes (lecciones aprendidas), y tomar las acciones apropiadas para evitar su recurrencia. Los resultados de las investigaciones deben ser compartidos, según sea apropiado, dentro de la organización y con otras, donde las lecciones aprendidas podrían ser útiles de aplicar.

- La organización debe asegurarse que los accidentes e incidentes sean reportados e investigados en forma eficiente y que las acciones correctivas identificadas sean implementadas en forma oportuna.
- Debe implementarse un sistema para reporte, investigación, seguimiento y aprendizaje de lecciones de accidentes e incidentes.
- El reporte de accidentes e incidentes por parte del personal, incluyendo contratistas y proveedores, debe ser obligatorio.
- Los accidentes e incidentes deben ser investigados en base a su consecuencia real y potencial.
- La investigación debe identificar las causas raíz, incluyendo factores humanos y organizacionales, e identificar recomendaciones para solventarlos.
- Debe existir disponibilidad de un número adecuado de personal competente para realizar la investigación requerida.
- Niveles específicos de la gerencia deben revisar y aprobar las investigaciones completadas, acorde a la clasificación del accidente.
- Las recomendaciones y/o planes de acción deben ser completados en forma oportuna.
- Niveles específicos de la gerencia deben revisar en forma periódica la efectividad de las acciones preventivas y correctivas.
- La gerencia de la organización debe revisar el nivel de cumplimiento, desempeño y estadísticas de la investigación de accidentes, en forma periódica.
- Los resultados de la investigación de los incidentes son frecuentemente tan importantes como los de los accidentes. Deben ser analizados como parte del sistema de investigación de accidentes.

El Comité de Gestión de Seguridad de Procesos de Canadá (CCPA) recolecta y analiza en forma anual datos de accidentes relacionados a procesos, reportados por las organizaciones miembros, a través del sistema conocido como Medida de Incidentes relacionados a Procesos (PRIM). En la Figura 22 se presenta los datos de 89 incidentes reportados en el sistema PRIM correspondientes al año 2004, donde se observa que 6 de los 12 elementos del sistema de Gestión de Seguridad de Procesos (PSM) de la Sociedad de Ingeniería Química de Canadá, contribuyen al 85% de las causas del total de incidentes:

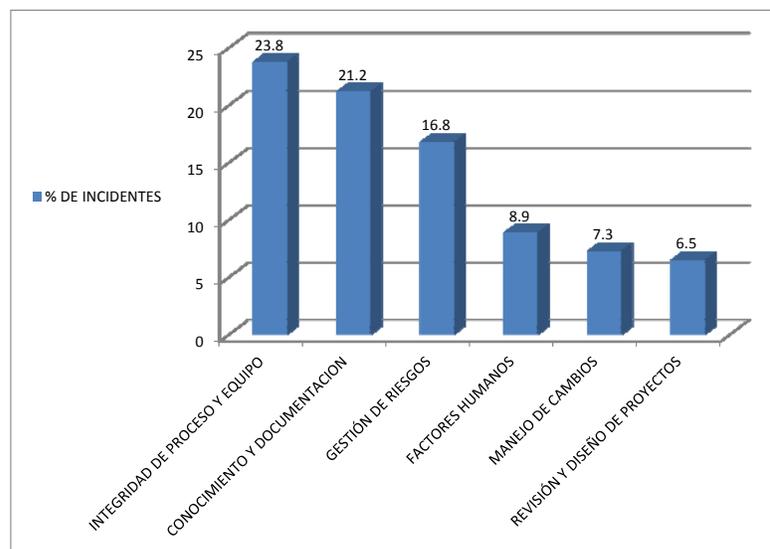


Figura 22. Causas de 89 incidentes de procesos reportados en el sistema PRIM Canadá, año 2004. (Amyotte, Goraya, & Hendershot, 2007).

### 3.5.3 Inspecciones y auditorías.

El Modelo Ecuador establece que:

Estas se realizarán periódicas y/o aleatoriamente por personal propio de la empresa o personal externo. Es recomendable que cuando el nivel de riesgo y la complejidad de la organización así lo requieran, las realice personal externo; este es el caso de empresas de mediano y alto riesgo. En todo caso los profesionales auditores tendrán la competencia necesaria para garantizar el éxito de la verificación.

En lo relacionado al desarrollo del sistema integrado de seguridad de procesos, se propone los requerimientos específicos mencionados en el elemento "Verificación, Auditoría interna del cumplimiento de leyes, estándares de la industria e índices de eficacia del plan de gestión", descrito previamente en la presente investigación.

#### **3.5.4 Planes de emergencia y contingencia.**

El Modelo Ecuador establece que:

La organización se preparará para hacer frente a emergencias que puedan presentarse. Los riesgos que determinan la necesidad de planes de emergencia y contingencia son: accidentes con múltiples fallecimientos, incendios, explosiones, derrames de sustancias contaminantes, y/o tóxicos, amenaza de bomba, etc. Cada suceso contará con un plan específico, en el que la evaluación tiene importancia real, por lo que los simulacros constituyen el indicador del nivel de preparación de la organización para estos acontecimientos. El plan de contingencia se aplica después de la emergencia tiene por objeto restaurar lo más pronto posible la normalidad.

El Modelo Ecuador, respecto a los planes de lucha contra incendios y explosiones, establece que:

Estos planes partirán del nivel de riesgo de incendio y explosión, empleando métodos específicos de análisis cualitativos y cuantitativos. Dicha evaluación permitirá a la organización establecer su nivel de riesgo y, por lo tanto su nivel de protección, con los debidos planes de lucha contra incendio y en caso de que las medidas de detección, alarma y control no hayan sido suficientes para controlar el incendio en sus inicios.

El Modelo Ecuador, respecto a planes de prevención contra accidentes mayores establece que:

La organización deberá tener identificado y calculado, mediante modelos de simulación, los sucesos que por su gravedad o naturaleza superen los límites de las instalaciones, poniendo en riesgo a la colectividad. Dichos modelos deberán establecer las víctimas o lesiones más probables en caso de darse el accidente, además de los daños que puedan causar a las instalaciones, así como el radio de compromiso en vidas y daños materiales.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.5.5 Mantenimiento, confiabilidad y aseguramiento de calidad de las instalaciones.**

El Modelo Ecuador establece que:

Muchos de los accidentes mayores se han producido en el momento de realizar el mantenimiento de las instalaciones, ya sea en la parada o al reiniciar la producción, por lo que es recomendable que los mantenimientos preventivo, predictivo, e incluso el correctivo se realicen de forma coordinada con los servicios de salud y seguridad. Una de las bases para definir los programas de mantenimiento de la organización son los análisis de peligro y operabilidad en instalaciones de procesos.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

Mantener la integridad de las instalaciones y equipos es un requerimiento esencial de la seguridad ocupacional y de procesos.

- La organización debe asegurarse que los requerimientos de inspección y mantenimiento necesarios sean identificados e implementados, para reducir la probabilidad de un incidente significativo, como resultado de una falla de las instalaciones ó equipos.
- Identificar las instalaciones y equipos críticos para la seguridad del proceso, para establecer la planificación de inspecciones y mantenimiento; de esta manera permitir una corrección costo – efectiva y evitar que entren en una etapa crítica.
- Los programas de inspección y mantenimiento deberían estar basados en el riesgo y, asegurar la integridad a largo plazo de las instalaciones.

- Actualizar los programas de inspección y mantenimiento en forma regular acorde al riesgo, hallazgos del programa, experiencia de la industria e incidentes, para identificar oportunidades de mejora.
- Los procedimientos de mantenimiento deben incluir las prácticas seguras de trabajo (trabajo en caliente, entrada a espacios confinados, aislamiento y etiquetado, apertura de equipos de proceso, control de acceso a la instalación, etc), a aplicar por el personal que efectúa el mantenimiento.
- Disponer de una cantidad adecuada de personal competente para efectuar los programas de inspección y mantenimiento.
- Establecer procedimientos para asegurar que los hallazgos y recomendaciones de los programas de inspección y mantenimiento son priorizados y hay seguimiento.
- Los programas de inspección y mantenimiento deben ser aprobados por individuos competentes designados.
- Cualquier desviación de los programas de inspección y mantenimiento debe ser aprobada por individuos competentes designados.
- Las actividades de ejecución los programas de inspección y mantenimiento deben ser entendidas y cumplidas. El entendimiento y cumplimiento debe verificarse en forma periódica.
- El sistema de aseguramiento de calidad debería incluir un sistema de control de materiales para asegurar que el equipo instalado:
  - Cumple los requerimientos de las especificaciones de diseño.
  - Es trazable hasta su fabricante.
  - Cumple pruebas requeridas y los resultados están disponibles.
  - Está claramente identificado para quienes efectúan su instalación.
- Las tendencias de cumplimiento y desempeño deben revisarse periódicamente.

### **3.5.6 Equipos de protección individual y ropa de trabajo.**

El Modelo Ecuador establece que:

Cuando por razones económicas o técnicas debidamente demostradas no se haya podido evitar o controlar el riesgo en su origen, en la vía de transmisión y/o con las medidas previas personales, se optará por los equipos de protección personal. Este equipo cumplirá los siguientes requisitos previos a su uso: selección técnica, nivel de calidad acorde, mantenimiento adecuado, registros de entrega, mantenimiento y devolución cuando haya cumplido su vida útil. Se dará prioridad a los sistemas de protección colectiva frente a los equipos de protección individual.

No se propone requerimientos adicionales específicos como parte del sistema integrado de gestión de seguridad de procesos.

### **3.5.7 Procedimientos de operación (nuevo elemento).**

El Modelo Ecuador establece que:

Cuando la magnitud, complejidad, o características de los procesos industriales así lo requieran, se desarrollarán procedimientos específicos o especializados. Al igual que las anteriores actividades, estas requerirán para su planificación e intervención de personal

especializado.

En lo relacionado al desarrollo de un sistema integrado de seguridad de procesos, se propone adicionalmente los siguientes requerimientos específicos:

La operación de las instalaciones dentro de parámetros establecidos y de acuerdo a la legislación aplicable, es un aspecto esencial de la seguridad de procesos.

- La organización debe asegurarse de que los manuales y procedimientos de operación requeridos para dar soporte a las operaciones, estén identificados, disponibles, precisos, actualizados, sean entendidos y usados.
- Los manuales y procedimientos de operación aprobados deben estar acorde con el riesgo de las operaciones, e incluir consideraciones de factores humanos.
- Los manuales de operación deben ser diseñados para maximizar su uso y minimizar la probabilidad de error y no-cumplimiento.
- Los manuales y procedimientos de operación deben proveer:
  - un marco de operación seguro y claro,
  - los pasos requeridos para prevenir una operación fuera del marco de operación seguro,
  - instrucciones claras sobre las acciones a tomar en caso ocurra una desviación del marco de operación seguro.
- Los manuales y procedimientos de operación deben ser regularmente revisados y actualizados; estas revisiones deben involucrar al personal y supervisores quienes serán los usuarios.

- La estructura para la elaboración de los manuales y procedimientos de operación debe ser entendida y seguida. Se debe evaluar regularmente el entendimiento y cumplimiento de la estructura.
- La organización debe revisar el nivel de cumplimiento y desempeño en forma periódica.

### **3.5.8 Selección y manejo de contratistas y proveedores (nuevo elemento).**

Los contratistas y proveedores que realizan trabajos a nombre de una organización, pueden impactar sus operaciones y su reputación. La organización debe asegurarse que los contratistas y proveedores se desempeñen de forma eficiente y compatible con los requerimientos de seguridad de procesos de la organización.

- La organización debe establecer un procedimiento para asegurarse que los contratistas y proveedores son evaluados y seleccionados contra criterios que incluya una evaluación de su capacidad para efectuar el trabajo de forma que cumplan las expectativas de desempeño de la organización en seguridad de procesos.
- La organización debe definir criterios de evaluación de desempeño en seguridad de procesos para contratistas y proveedores.
- La organización debe informar, y entrenar apropiadamente a los contratistas y proveedores, acerca de los procedimientos y prácticas relevantes de la organización y los peligros específicos asociados con el trabajo a ejecutar. El personal de la

organización que pueda ser impactado por las actividades de la contratista, debe ser comunicado acerca de los riesgos generados por la actividad de la contratista así como las medidas de soporte o control necesarias, así como procedimientos de emergencia.

- Se debe implementar medidas organizacionales efectivas para comunicación y control, entre el personal de la organización y el de la contratista, para manejar los riesgos en forma efectiva.
- La organización debe monitorear y evaluar el desempeño de las contratistas, proveer retroalimentación y las no-conformidades deben ser corregidas. El cumplimiento y desempeño deben ser revisados por la Gerencia de la organización.
- La organización debe proveer y designar un número adecuado de personal competente para efectuar la selección y manejo requeridos de contratistas y proveedores.

### **3.5.9 Disponibilidad operacional y revisión de seguridad previa al arranque (nuevo elemento).**

El comisionado y arranque de instalaciones y equipos nuevos, modificados ó existentes, puede ser una operación de alto riesgo.

- La organización debe asegurarse de establecer un proceso sistemático para chequear que la instalación y equipos se encuentran en una condición segura y que el personal está apropiadamente preparado antes del arranque o retorno a operación normal.
- Se debe establecer un procedimiento para chequear la condición operacional y la integridad de los sistemas antes de que sean puestos en servicio.

- El proceso de chequeo debe contemplar: instalaciones y equipos nuevos o modificados, retorno de mantenimiento y, retorno a operación luego de una parada de emergencia o planeada de la planta o un sistema.
- Se debe establecer criterios para efectuar los chequeos previos al arranque, y ser revisados y actualizados en forma periódica. Los criterios deben cubrir: instalaciones, sistemas de control, factores humanos y organizacionales, procedimientos de operación y, documentación.
- Los chequeos deben ser efectuados y documentados por personal competente.
- Se debe definir criterios para categorizar y manejar los aspectos identificados e ítems importantes o críticos.
- Los chequeos completados deben ser revisados y aprobados por niveles gerenciales acorde a la magnitud del riesgo.
- Los procedimientos de comisionado y arranque deben tener etapas, puntos de chequeo y autoridades de revisión definidos.
- Los procedimientos para efectuar las revisiones previas al arranque deben ser entendidos y seguidos; el entendimiento y cumplimiento con los procedimientos debe evaluarse regularmente.
- La gerencia de la organización debe revisar el nivel de cumplimiento y desempeño en forma periódica.

### **3.5.10 Monitoreo y traspaso de estado del proceso y operacional (nuevo elemento).**

El monitoreo completo de estado del proceso y un traspaso efectivo entre grupos de trabajo es esencial para asegurar la integridad continua de las operaciones de la organización **(Energy Institute EI, 2010)**.

- La dirección de la organización debe asegurarse que el monitoreo de estado del proceso y operacional y, los requerimientos de traspaso sean definidos, entendidos y cumplidos.
- Se deben definir límites seguros de operación para las instalaciones, acorde con el nivel de riesgos de las mismas.
- Existan procedimientos para asegurar que los límites seguros de operación son regularmente revisados y actualizados como sistemas dinámicos.
- Parámetros de operación sean sistemáticamente monitoreados con respecto a los límites seguros de operación.
- Excursiones fuera de los límites seguros de operación deben ser identificados y seguimiento.
- Disposiciones para los límites seguros de operación y su significado son entendidas y, los requerimientos de monitoreo son seguidos. Las disposiciones y cumplimiento es regularmente verificada.
- Disposiciones para traspaso son definidas, entendidas e implementadas, acorde con el nivel de riesgo, cubriendo traspaso tales como:
  - Traspaso de turno de operaciones y mantenimiento.
  - Grupos de trabajo sucesivos, y
  - Puestos trabajo.
- Excursiones fuera de los límites seguros de operación deben ser identificados y seguimiento.

- Disposiciones para el monitoreo de estado del proceso y operacional y, traspaso deben ser entendidos y seguidos. Las disposiciones y cumplimiento es regularmente verificada.
- El nivel de cumplimiento y desempeño debe ser revisado por la gerencia de la organización en forma periódica.

### **3.5.11 Conducta de operaciones (nuevo elemento).**

Conducta de operaciones es la ejecución de tareas operacionales de manera deliberada y estructurada. Algunas veces se le llama disciplina operacional ó formalidad de operaciones. Un alto nivel de desempeño humano es un aspecto crítico de cualquier programa de seguridad de procesos. Conforme la complejidad de las actividades operacionales se incrementa, debe ocurrir también un incremento proporcional en la formalidad de las operaciones, para asegurar el desempeño seguro, confiable y eficiente de las tareas críticas.

La operación y mantenimiento seguros de las instalaciones que usan, fabrican o almacenan productos químicos requieren un desempeño humano confiable en todos los niveles, desde gerentes e ingenieros, hasta operadores y obreros. Un programa de operaciones documentado es fundamental para mantener un desempeño confiable del trabajador. Los procedimientos que gobiernan las actividades e interacciones del trabajador deben estar documentados, los trabajadores entrenados, y su desempeño monitoreado regularmente.

- La organización debe establecer la filosofía de operación y documentarla en conjunto con los procedimientos de operación.
- Los trabajadores deben ser entrenados en la filosofía y procedimientos de operación, con el fin de entender los objetivos y expectativas, líneas de autoridad y responsabilidad personal. Deben aplicar razonamiento y juicio en todas las situaciones, particularmente cuando se requiere acción en situaciones que no están específicamente contenidas en la filosofía o procedimientos.
- La filosofía de operación debe establecer cuáles actividades son permitidas sin controles especiales, cuáles actividades son gobernadas por procedimientos, cuáles son prohibidas.
- La organización debe establecer una política explícita que requiera que:
  - 1) el proceso debe ser operado dentro de los límites seguros de operación y,
  - 2) las condiciones límite para la operación debe ser aplicadas sin excepción.
- Las interfases hombre-máquina deben ser diseñadas y mantenidas de forma que faciliten la recolección de información. Adicionalmente se debe clarificar quien está en control del equipo a determinado tiempo y, quién es responsable por mantener las condiciones seguras.
- Desarrollar y mantener el grupo de trabajo con el conocimiento, habilidades, destrezas necesarias para realizar las actividades operacionales en forma confiable.

### **3.5.12 Prácticas seguras de trabajo (nuevo elemento).**

- La organización debe asegurarse de establecer y aplicar controles efectivos de trabajo, permisos para trabajar y gestión de riesgos de tareas, con el fin de controlar los riesgos producidos por las actividades de trabajo.
- Se deben emplear sistemas de permisos de trabajo acordes al nivel de riesgo, para asegurar la integridad del personal, instalaciones y proceso durante las actividades de trabajo.
- Establecer procedimientos para asegurar que los riesgos de seguridad industrial y seguridad de procesos que se derivan de las tareas de trabajo, son sistemáticamente identificados y evaluados antes que la tarea inicie, así como conforme las condiciones varían durante la ejecución de las tareas.
- Identificar e implementar medidas de control de riesgo para gestionar los riesgos identificados hasta un nivel tolerable.
- Las evaluaciones de riesgo deben considerar el riesgo para la salud y seguridad de empleados, contratistas y público, seguridad del proceso, ambiente, imagen, interrupción del negocio.
- Las evaluaciones de riesgo de tareas deben ser revisadas y aprobadas por personal competente, de acuerdo a la magnitud del riesgo y, las decisiones deben ser documentadas claramente.
- Todo el grupo de trabajo involucrado en la tarea debe conocer la evaluación de riesgo de la tarea, así como los resultados y medidas de control requeridos.
- El entendimiento y cumplimiento de los procedimientos de control de riesgos de tareas debe evaluarse en forma regular.
- El nivel de cumplimiento y desempeño debe ser revisado por la gerencia de la organización en forma periódica.

### **3.5.13 Manejo de cambios y manejo de proyectos (nuevo elemento).**

La introducción de un cambio en una organización, si no es manejada apropiadamente, puede incrementar de forma significativa los niveles de riesgo de seguridad ocupacional y de procesos.

- La organización debe asegurarse que los riesgos resultantes de los cambios, ya sean permanentes o temporales, sean identificados, evaluados y manejados en forma sistemática.
- El procedimiento para manejo de cambios debe incluir:
  - las autoridades para aprobación de cambios,
  - cumplir con leyes y estándares aprobados,
  - obtención de permisos necesarios,
  - documentación incluido la justificación y base técnica para el cambio,
  - comunicación de los riesgos asociados y,
  - medidas de mitigación, tales como límite de tiempo, entrenamiento.
- El manejo de cambios debe contemplar cambios a:
  - Instalaciones o equipos,
  - operaciones, procedimientos de operación,
  - productos, materiales,
  - organización o personal,
  - software o sistemas de control,
  - especificaciones o diseños,
  - estándares o prácticas,

- programas de inspección, mantenimiento o prueba.
- El manejo de cambios debe considerar impactos a:
  - salud y seguridad (incluyendo seguridad de procesos),
  - ambiente,
  - imagen, interrupción del negocio.
  - contratistas y público,
- Se debe considerar factores humanos y organizacionales.
- Los cambios temporales no deben exceder el alcance o tiempo de autorización, sin revisión o aprobación.
- Los cambios deben ser aprobados por personal competente, acorde con los riesgos asociados del cambio propuesto.
- Se debe mantener registros de los cambios efectuados.
- El entendimiento y cumplimiento de los procedimientos para manejo de cambios debe evaluarse de forma regular.
- El nivel de cumplimiento y desempeño debe ser revisado por la gerencia de la organización en forma periódica.

Respecto al manejo de proyectos:

- Los procedimientos de manejo de proyectos deben estar documentados, entendidos, fácilmente disponibles a quienes los usan (incluyendo contratistas) y ejecutados por personal calificado.
- Establecer criterios y procedimientos para conducir y documentar evaluaciones de riesgos en las diversas etapas de los proyectos, para asegurar que la integridad de las instalaciones nuevas y existentes que han sido modificadas.

- El diseño y construcción de instalaciones nuevas o modificadas deben usar estándares y prácticas aprobadas que cumplan o excedan los requerimientos legales aplicables.
- Procedimientos para identificar y gestionar los riesgos de seguridad ocupacional y de procesos generados por actividades de desmantelamiento, demolición de instalaciones.
- El diseño del proceso debe incluir un sistema de revisión y aprobación en cada etapa del diseño: ingeniería conceptual, ingeniería básica, ingeniería detallada, construcción y desmantelamiento. La profundidad de cada revisión dependerá de la complejidad y grado de peligro del proceso.

#### **3.5.14 Manejo de componentes críticos de seguridad (nuevo elemento).**

Un requerimiento esencial de la seguridad de procesos es aquella que requiere que los sistemas críticos de seguridad estén en servicio y operando correctamente.

- La organización debe asegurarse que los sistemas críticos de seguridad estén identificados y manejados apropiadamente, de forma que estén en servicio y operando correctamente.
- Los sistemas críticos de seguridad deben ser identificados en un registro que provea datos del equipo, ubicación y datos de especificaciones. El registro provee una base para la planificación de pruebas, inspección y mantenimiento.
- Se debe elaborar programas de pruebas, inspección y mantenimiento de los sistemas críticos de seguridad, de acuerdo a estándares definidos y al riesgo asociado con la falla de los sistemas críticos de seguridad.

- Se debe elaborar procedimientos para asegurar que los programas de pruebas, inspección y mantenimiento de los sistemas críticos de seguridad son regularmente revisados, usando experiencia de incidentes de la industria para identificar oportunidades de mejora, de forma de mantenerlos actualizados.
- Desarrollar planes y cronogramas para la ejecución de los programas de pruebas, inspección y mantenimiento.
- Un número adecuado de personal competente debe ejecutar los programas de pruebas, inspección y mantenimiento.
- Implementar procedimientos para asegurar que los hallazgos y recomendaciones de los programas de pruebas, inspección y mantenimiento de los sistemas críticos de seguridad, sean apropiadamente priorizados y seguidos.
- Implementar procedimientos para asegurar que el desmantelamiento o desactivación temporal de equipos de alarmas críticas, control, parada, seguridad y respuesta a emergencias, sea manejado y registrado.
- Los programas de pruebas, inspección y mantenimiento de los sistemas críticos de seguridad deben ser aprobados por personal competente.
- El desmantelamiento, desactivación ó bypass de sistemas críticos de seguridad debe ser aprobado por personal competente.
- El entendimiento y cumplimiento de los procedimientos para manejo de sistemas críticos de seguridad debe evaluarse de forma regular.
- El nivel de cumplimiento y desempeño debe ser revisado por la organización en forma periódica.

### **3.5.15 Comunicación con partes interesadas (nuevo elemento).**

Establecer y mantener la confianza de las partes interesadas es un factor clave para mantener la licencia para operar de una organización.

- La organización debe identificar grupos claves de partes interesadas y, desarrollar y mantener una buena relación de trabajo con ellos, entender y resolver sus preocupaciones e inquietudes.
- Un sistema definido de comunicaciones debe soportar a la organización para identificar, desarrollar y mantener una buena relación de trabajo con las partes interesadas, acerca de sus actividades, incluyendo comunicaciones de respuesta a emergencias.
- Asegurar y demostrar que el proceso de consulta con partes interesadas es apropiada, proporcional al tamaño y sigue un proceso definido.
- Información apropiada de seguridad, salud, ambiente, seguridad de procesos es publicada en el dominio público para demostrar el compromiso de la organización al mejoramiento continuo de su desempeño.
- El entendimiento y cumplimiento de los procedimientos para comunicación con las partes interesadas debe evaluarse de forma regular.
- El nivel de cumplimiento y desempeño debe ser revisado por la gerencia de la organización en forma periódica.

### **3.5.16 Secretos de marca (nuevo elemento).**

La organización deberá mantener disponible la información necesaria a quienes la requieran para cumplir con los requerimientos del sistema de gestión de seguridad de procesos, tal como para el desarrollo de los procedimientos de operación, análisis de riesgos, investigación de incidentes, planeación y respuesta a emergencias, auditorías, sin considerar los posibles secretos de marca de dicha información.

### **3.5.17 Emplazamiento (nuevo elemento).**

La selección de la ubicación de una nueva instalación de procesamiento ó una expansión mayor, puede tener un efecto significativo en el riesgo potencial de seguridad y ambiental de una instalación. El espacio para la expansión en una instalación particular puede estar limitado debido a una falta de terreno adecuado. Sin embargo, los aspectos de seguridad de procesos deberían ser considerados primero por quienes planifican la instalación, debido a los impactos potenciales que los procesos nuevos o modificados pueden tener en las comunidades e instalaciones de proceso existentes.

- Establecer criterios para la selección del sitio y emplazamiento, que incluyan la consideración de los impactos potenciales y beneficios en los vecinos, la comunidad y rutas de acceso durante todas las fases del ciclo de vida de una instalación, incluyendo los impactos de la construcción.
- Mitigar el potencial impacto adverso en la comunidad, por medio de una selección apropiada del sitio y emplazamiento, consideración de zonas de amortiguamiento,

ubicación de unidades principales, distanciamiento de unidades de proceso y caminos de acceso.

- Considerar los asuntos de seguridad de procesos como parte de la toma de decisiones gerenciales, junto con el costo del proyecto, disponibilidad de personal y, factores geográficos y demográficos locales y regionales.
- El sitio para una nueva instalación o expansión debería ser seleccionado considerando factores técnicos, legales y políticos:
  - Zonas de amortiguamiento entre la planta y el público.
  - Peores escenarios creíbles para liberación de químicos tóxicos, fuego, explosión.
  - Peligro de exposición hacia y desde plantas adyacentes.
  - Exposiciones posibles debido a eventos naturales tales como terremotos, inundaciones, tornados, etc.
  - Efectos de transporte de materiales peligrosos a través de comunidades locales.
  - Inflamabilidad, toxicidad de productos.
  - Volumen de almacenamiento.
  - Potenciales explosiones de nubes de vapor.
  - Dirección prevaleciente de vientos.
  - Fuentes potenciales de ignición.
  - Modelos de radiación térmica de mecheros de emergencia.
  - Ubicación de instalaciones ocupadas (cuartos de control, oficinas, otros edificios temporales y permanentes).
  - Zonas de peligros traslapados, congestión, acceso difícil, confinamiento de vapores.

- Áreas de almacenamiento.
  - Áreas de carga y descarga.
  - Drenajes y contención.
  - Áreas de otros procesos.
  - Requerimientos de compañías aseguradoras.
  - Leyes locales, provinciales, nacionales.
  - Guías de espaciamiento de la industria y organización.
- Establecer responsabilidad gerencial específica para establecer criterios para selección de sitio y emplazamiento y, establecer un proceso de aprobación para consideración de desviaciones o excepciones.

### **3.5.18 Salvaguardas múltiples (nuevo elemento).**

Los accidentes mayores (catastróficos) pueden ocurrir ya sea por falta de suficientes sistemas de seguridad ó, porque los sistemas de seguridad redundantes existentes fueron vencidos por una causa común simple. El elemento de salvaguardas múltiples se basa en la estrategia de proveer diversas capas de protección a una instalación para limitar el riesgo de accidentes. Los esquemas de protecciones múltiples, si son aplicados apropiadamente, pueden minimizar la probabilidad de que fallas simples puedan resultar en accidentes catastróficos.

El elemento de salvaguardas múltiples recomienda la aplicación de capas de protección múltiples con la siguiente jerarquía:

- Tecnología: la primera opción debería ser, cuando sea factible, seleccionar tecnología con peligro mínimo ó inherentemente más segura.
  - Fases: la seguridad de las instalaciones es luego aplicada en la forma de factores de seguridad de diseño, controles de emergencia, sistemas de control de incendios, suministros de energía de respaldo, etc.
  - Personal: las capas de protección son completadas mediante entrenamiento apropiado, procedimientos de respuesta a emergencias, etc.
- 
- Analizar las operaciones anormales, condiciones de emergencia y requerimientos de protección, en todas las evaluaciones de peligros de proceso.
  - Aplicar factores de seguridad adecuados, en el diseño de los equipos, para satisfacer el peor caso creíble o condiciones de emergencia.
  - Instalar contención secundaria, quema o incineración (en lugar de venteo a la atmósfera) en el diseño de sistemas de alivio de emergencia para materiales inflamables o peligrosos.
  - Utilizar sistemas de detección temprana de fugas (detectores de gas inflamable, cromatógrafos en línea) conectados a alarmas o controles automáticos de emergencia, para equipos vulnerables (ej. sellos de equipo rotatorio).
  - Diseñar equipos y tuberías con elementos adecuados de aislamiento (ej. válvulas de aislamiento, bridas de línea, conexiones para purga) a fin de permitir el mantenimiento seguro.
  - Proveer sistemas de mitigación de fugas (ej. cortinas de agua, sistemas de espuma, scrubbers depuradores de emergencia) en áreas susceptibles de fugas mayores.
  - Instalar sistemas de detección y/o supresión de explosiones, para equipos que contienen vapores o polvos inflamables.

- Proveer controladores de proceso redundantes y/o energía de respaldo de instrumentos para operaciones críticas.
- Utilizar válvulas automáticas u operadas en forma remota, para aislar equipos o unidades de proceso críticos.
- Identificar el listado de protecciones críticas para su mantenimiento e inspección.

#### 4. Resultados.

Al efectuar el análisis comparativo de los elementos y contenido del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud ocupacional, con los elementos y contenido de los sistemas de gestión en seguridad de procesos usados en la industria de petróleo, gas y química, se han encontrado los siguientes resultados:

1. Los sistemas de gestión Modelo Ecuador, EI, CCPS, ACC y CSCE cubren las 4 áreas de gestión (administrativa, técnica, talento humano, procedimientos operativos básicos), mientras que los sistemas OSHA y API no contienen elementos relacionados a gestión administrativa.
2. El Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud ocupacional, está conformado por mayor número elementos que los sistemas individuales de gestión de seguridad de procesos:

| ÁREA DE GESTIÓN                       | MODELO ECUADOR | OSHA | EI   | CCPS | ACC | API | CSCE |
|---------------------------------------|----------------|------|------|------|-----|-----|------|
| GESTION ADMINISTRATIVA                | 8              | 0    | 3    | 4    | 4   | 0   | 3    |
| GESTION TECNICA                       | 5              | 2    | 2    | 3    | 4   | 3   | 3    |
| GESTIÓN TALENTO HUMANO                | 6              | 2    | 1.5  | 2    | 3   | 1   | 2    |
| PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMAS OPERATIVOS | 8              | 10   | 13.5 | 11   | 11  | 8   | 4    |
| TOTAL                                 | 27             | 14   | 20   | 20   | 22  | 12  | 12   |

Figura 23. Comparación tabular del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

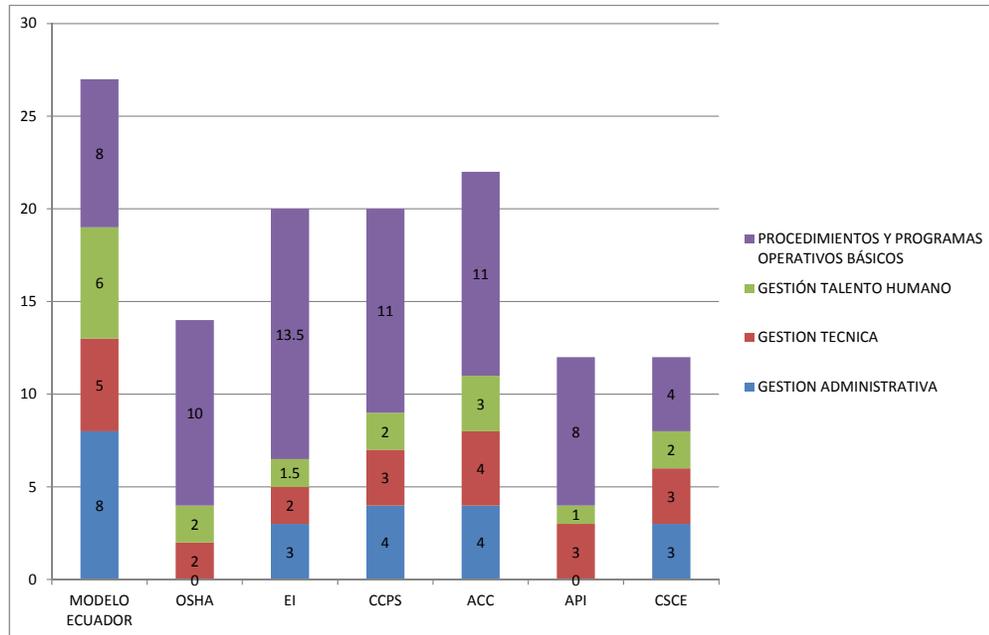


Figura 24. Comparación gráfica del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

- El sistema de gestión de seguridad de procesos que tiene mayor número de elementos comunes con el Modelo Ecuador es el Código de Seguridad de Procesos del Consejo Americano de Química ACC (14 elementos, equivalente a 52% del número de elementos del Modelo Ecuador). El sistema de gestión de seguridad de procesos que tiene menor número de elementos comunes con el Modelo Ecuador es el Sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental del Instituto Americano de Petróleo API (6 elementos, equivalente a 22% del número de elementos del Modelo Ecuador).

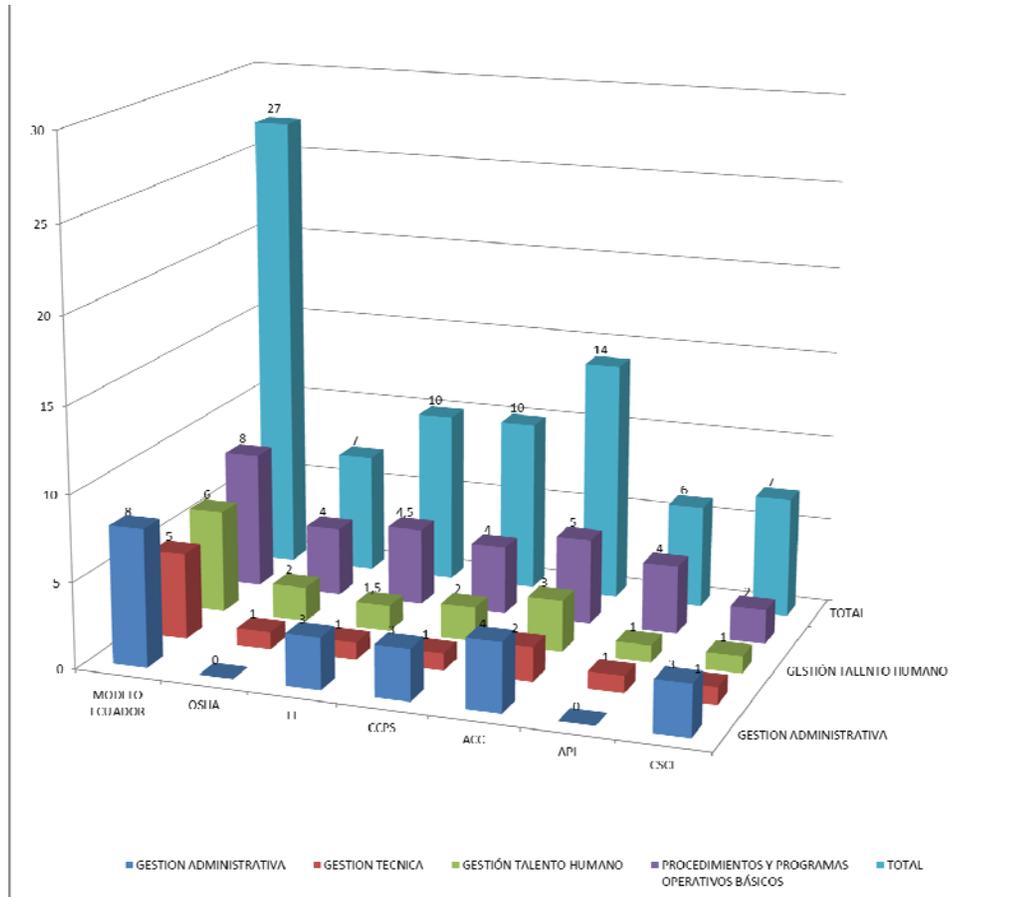


Figura 25. Comparación gráfica del número de elementos comunes, por área de gestión, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

4. Los sistemas de gestión de seguridad de procesos que tienen mayor número de elementos diferentes (no comunes) a los del Modelo Ecuador son el marco de Alto Nivel para Gestión de Seguridad de procesos del Instituto de Energía EI y, el Sistema de Seguridad de procesos basado en Riesgo de CCPS (10 elementos cada uno, equivalente a 37% del número de elementos del Modelo Ecuador). El sistema de gestión de seguridad de procesos que tiene menor número de elementos diferentes (no comunes) con el Modelo Ecuador es el sistema de la Sociedad de Ingeniería

Química de Canadá CSCE (5 elementos, equivalente a 19% del número de elementos del Modelo Ecuador).

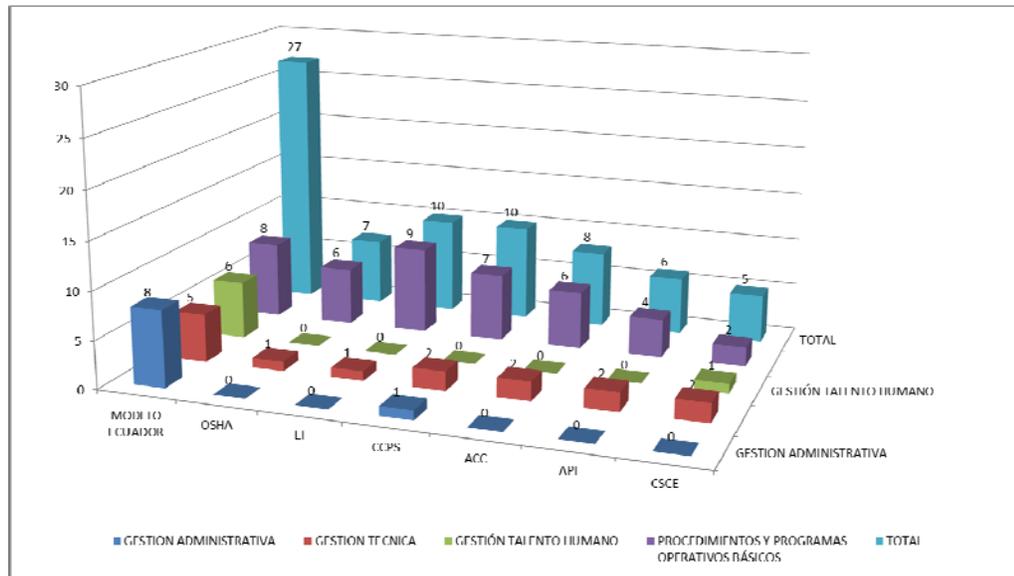


Figura 26. Comparación gráfica del número de elementos no comunes, por área de gestión, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

- En el área de Gestión Administrativa, el sistema de gestión de seguridad de procesos que tiene más elementos comunes con el Modelo Ecuador es el Código de Seguridad de Procesos del Consejo Americano de Química ACC (4 elementos). Los sistemas de gestión de seguridad de procesos que tienen menos elementos comunes con el Modelo Ecuador son Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos PSM de la Oficina de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA y el sistema de Gestión de Seguridad y Ambiental del Instituto Americano de Petróleo API (0 elementos cada uno).

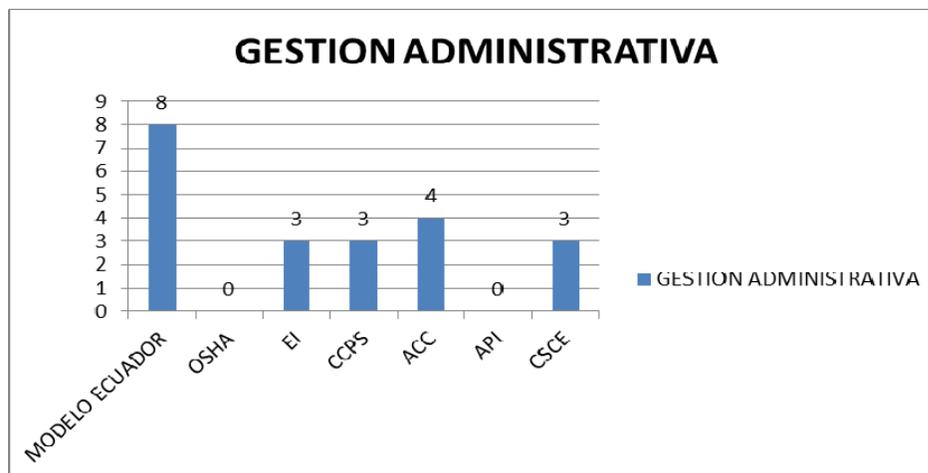


Figura 27. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Administrativa, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

6. En el área de Gestión Técnica, el sistema que tiene más elementos comunes con el Modelo Ecuador es el sistema del Consejo Americano de Química ACC (2 elementos). Los sistemas de gestión de seguridad de procesos restantes tienen 1 elemento común cada uno.

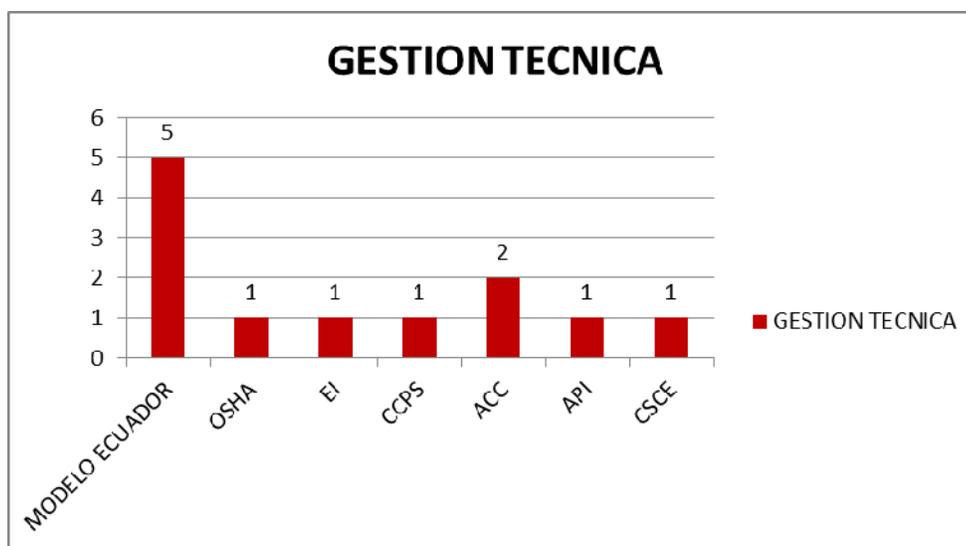


Figura 28. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Técnica, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

7. En el área de Gestión del Talento Humano, el sistema que tiene más elementos comunes con el Modelo Ecuador es el sistema del Consejo Americano de Química ACC (3 elementos). Los sistemas que tienen menos elementos comunes con el Modelo Ecuador son el sistema del Instituto Americano de Petróleo API y sistema de la Sociedad de Ingeniería Química de Canadá CSCE (1 elemento cada uno).

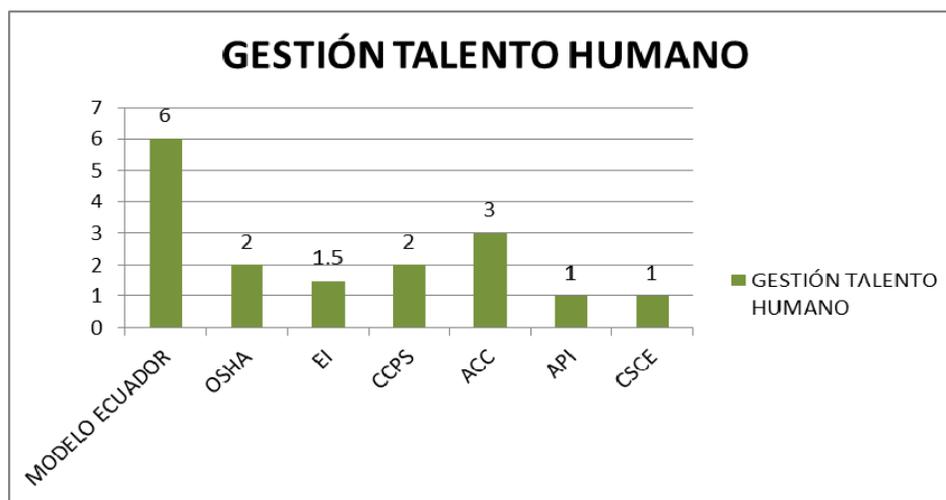


Figura 29. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Gestión Talento Humano, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

8. En el área de Procedimientos y Programas Operativos Básicos, el sistema que tiene más elementos comunes con el Modelo Ecuador es el sistema del Instituto de Energía EI (5.5 elementos). El sistema que tienen menos elementos comunes con el Modelo Ecuador es el sistema de la Sociedad de Ingeniería Química de Canadá CSCE (2 elementos).

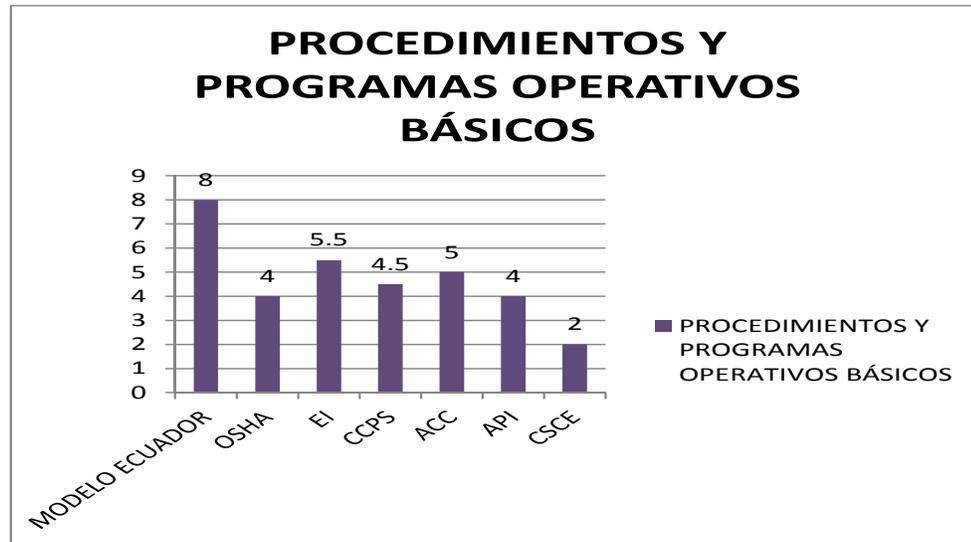


Figura 30. Comparación gráfica del número de elementos comunes, en el área Procedimientos y Programas Operativos Básicos, entre el Modelo Ecuador y sistemas de gestión de seguridad de procesos. Autor.

9. En el presente trabajo de investigación se ha desarrollado un sistema integrado de seguridad de procesos, basado en los 27 elementos del Modelo Ecuador (Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo), e incorporando 15 nuevos elementos específicos de seguridad de procesos, tomados de las mejores prácticas de la industria de petróleo, gas y química, como se representa gráficamente en el cuadro y gráfico de resumen a continuación.

| ÁREA DE GESTIÓN                       | MODELO ECUADOR | OSHA | EI   | CCPS | ACC | API | CSCE | SIGSP |
|---------------------------------------|----------------|------|------|------|-----|-----|------|-------|
| GESTION ADMINISTRATIVA                | 8              | 0    | 3    | 4    | 4   | 0   | 3    | 8     |
| GESTION TECNICA                       | 5              | 2    | 2    | 3    | 4   | 3   | 3    | 6     |
| GESTIÓN TALENTO HUMANO                | 6              | 2    | 1.5  | 2    | 3   | 1   | 2    | 7     |
| PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMAS OPERATIVOS | 8              | 10   | 13.5 | 11   | 11  | 8   | 4    | 18    |
| TOTAL                                 | 27             | 14   | 20   | 20   | 22  | 12  | 12   | 39    |

Figura 31. Comparación tabular del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador, sistemas de gestión de seguridad de procesos y sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP). Autor.

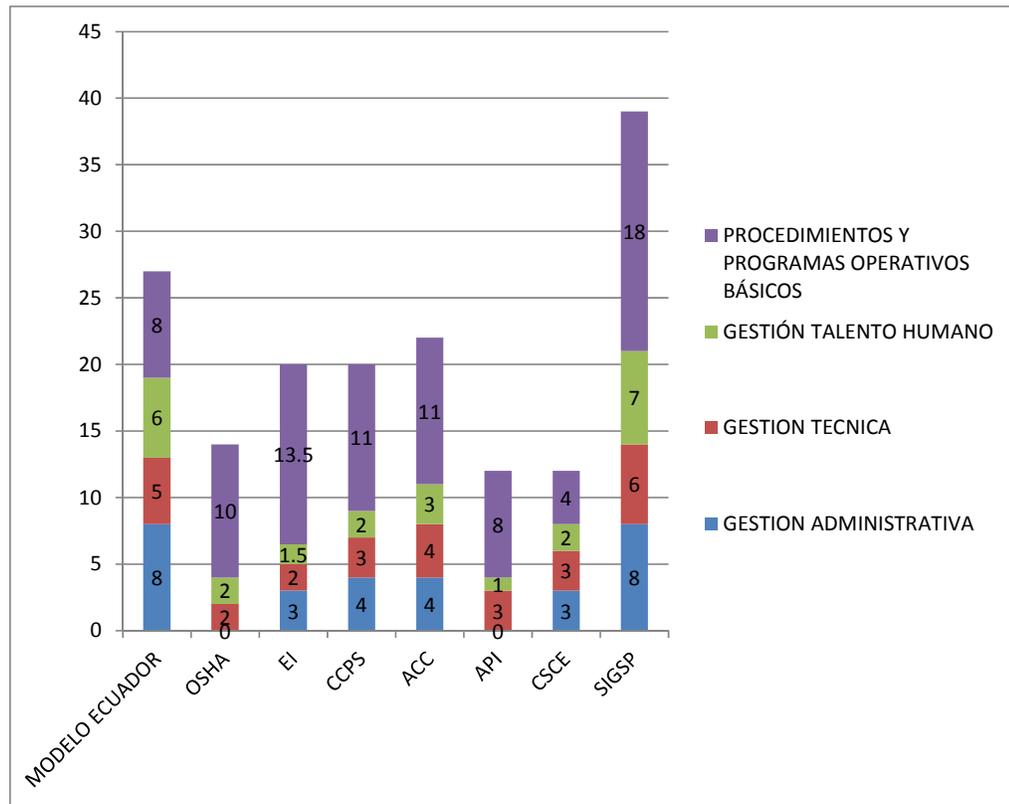


Figura 32. Comparación gráfica del número de elementos, por área de gestión, del Modelo Ecuador, sistemas de gestión de seguridad de procesos y sistema integrado de gestión de seguridad de procesos (SIGSP). Autor.

10. En el aspecto de evaluación cuantitativa efectuada, se otorgó la siguiente ponderación a cada uno de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad de procesos estudiados, en relación con el sistema base Modelo Ecuador. Cada uno de los elementos del área de gestión técnica tiene 200 puntos debido a que es el área de gestión medular de aplicación de los sistemas de gestión de seguridad, es decir la identificación, medición, evaluación y control de riesgos:

| ÁREA DE GESTIÓN                               | PONDERACIÓN POR ELEMENTO |
|---|--------------------------|
| GESTION ADMINISTRATIVA                        | 100                      |
| GESTION TECNICA                               | 200                      |
| GESTIÓN TALENTO HUMANO                        | 100                      |
| PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMAS OPERATIVOS BÁSICOS | 100                      |

Figura 33. Ponderación para evaluación cuantitativa de los sistemas de gestión. Autor.

Al efectuar la evaluación cuantitativa se obtuvieron los siguientes puntajes, mismos que se encuentran representados en las Figuras 34 (en forma tabular) y Figura 35 (en forma de gráfica de barras):

| ÁREA DE GESTIÓN                               | MODELO ECUADOR | OSHA        | EI          | CCPS        | ACC         | API         | CSCE        | SIGSP       |
|---|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| GESTION ADMINISTRATIVA                        | 800            | 0           | 300         | 400         | 400         | 0           | 300         | 800         |
| GESTION TECNICA                               | 1000           | 400         | 400         | 600         | 800         | 600         | 600         | 1200        |
| GESTIÓN TALENTO HUMANO                        | 600            | 200         | 150         | 200         | 300         | 100         | 200         | 700         |
| PROCEDIMIENTOS Y PROGRAMAS OPERATIVOS BÁSICOS | 800            | 1000        | 1350        | 1100        | 1100        | 800         | 400         | 1800        |
| <b>TOTAL</b>                                  | <b>3200</b>    | <b>1600</b> | <b>2200</b> | <b>2300</b> | <b>2600</b> | <b>1500</b> | <b>1500</b> | <b>4500</b> |

Figura 34. Evaluación cuantitativa ponderada (representación gráfica tabular) de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad, salud y procesos. Autor.

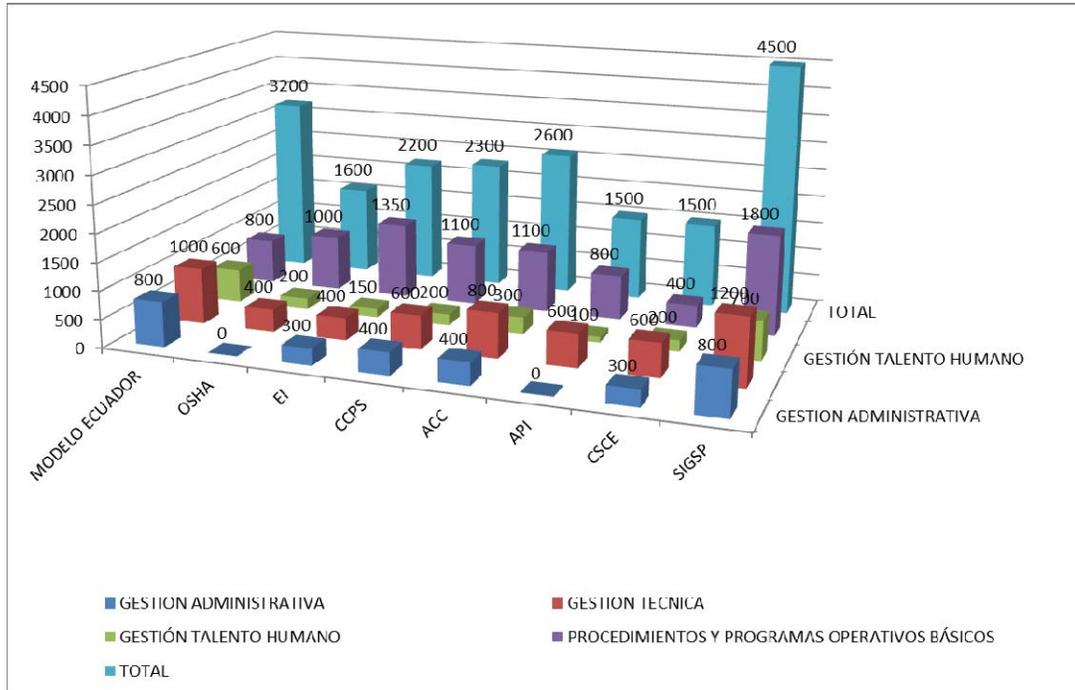


Figura 35. Evaluación cuantitativa ponderada (representación gráfica de barras) de los elementos de los sistemas de gestión de seguridad, salud y procesos. Autor.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- El Modelo Ecuador obtiene la mayor puntuación total en relación con los sistemas de gestión de seguridad de procesos estudiados OSHA, EI, CCPS y ACC, API, CSCE.
- El Modelo Ecuador obtiene la mayor puntuación en las áreas de gestión administrativa, técnica, y talento humano, en relación con los sistemas de gestión de seguridad de procesos estudiados.
- En el área de procedimientos y programas operativos básicos, los sistemas OSHA, EI, CCPS y ACC obtienen mayor puntuación que el modelo Ecuador ya que contienen varios elementos específicos adicionales de seguridad de procesos.

11. El sistema integrado de gestión de seguridad de procesos SIGSP obtiene mayor puntuación total en relación con el Modelo Ecuador ya que incluye algunos elementos adicionales específicos a seguridad de procesos (15 elementos) tomados de los sistemas de gestión estudiados.
  
12. Los 15 nuevos elementos específicos propuestos por la presente investigación son, por área de gestión, las siguientes:
  - Gestión Administrativa:
    1. Cultura de seguridad de procesos.
  
  - Gestión Técnica:
    2. Información y gestión del conocimiento del proceso.
  
  - Gestión del Talento humano:
    3. Factores humanos.
  
  - Procedimientos y programas operativos básicos:
    4. Procedimientos de operación.
    5. Selección y manejo de contratistas y proveedores.
    6. Disponibilidad operacional y revisión de seguridad previa al arranque.
    7. Monitoreo y traspaso de estado del proceso y operacional.
    8. Conducta de operaciones.
    9. Prácticas seguras de trabajo.
    10. Manejo de cambios y manejo de proyectos.

11. Manejo de componentes críticos de seguridad.
12. Comunicación con partes interesadas.
13. Secretos de marca.
14. Emplazamiento.
15. Salvaguardas múltiples.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones.**

### **5.1 Conclusiones.**

1. Se ha diseñado un sistema integrado de gestión de seguridad de procesos tomando como base los elementos del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud ocupacional e incorporando elementos nuevos específicos a seguridad de procesos, incorporados desde las mejores prácticas en seguridad de procesos de las industrias de petróleo, gas y química.
2. La flexibilidad del Modelo Ecuador permite que se puedan incorporar dentro de las áreas macro de Gestión Administrativa, Gestión Técnica, Gestión del Talento Humano, Procedimientos y Programas Operativos Básicos, elementos específicos relacionados a la seguridad de procesos, lo cual permite estructurar un sistema integrado de gestión de seguridad de procesos SIGSP aplicable a las organizaciones de producción de petróleo.
3. El presente trabajo de investigación propone los lineamientos generales de un sistema integrado de seguridad de procesos basado en el Modelo Ecuador y en las mejores prácticas de la industria de petróleo, gas y química, con el propósito de garantizar la seguridad de su personal, instalaciones, evitar afectación al ambiente, así como evitar los costos relacionados a la ocurrencia de accidentes mayores de proceso.
4. Se ha efectuado una investigación de los sistemas de gestión de seguridad de procesos que se aplican en la industria de petróleo, gas y química, concluyendo que

hay varios sistemas que tienen entre sí tanto similitud cuanto diversidad de requerimientos en sus elementos específicos.

5. Se concluye que la mayoría de requerimientos ó elementos nuevos tomados de los sistemas de gestión de seguridad de procesos están relacionados con el área de Gestión de Procedimientos y Programas Operativos Básicos, debido a que tienen relación con requerimientos específicos aplicables a instalaciones y a la operación de instalaciones de proceso.
6. Respecto a la hipótesis planteada en el presente trabajo de investigación, se concluye que, debido a la flexibilidad del modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud ocupacional, es factible elaborar un sistema de gestión de seguridad de procesos, tomando como base los requerimientos de dicho modelo e incorporando los requerimientos específicos de seguridad de procesos de la industria de petróleo, gas y química.

## **5.2 Recomendaciones.**

1. Las organizaciones cuyas actividades operacionales son de alto riesgo debido al manejo de sustancias peligrosas, tales como las dedicadas a la producción de petróleo, gas, y química, deben desarrollar e incorporar dentro de su sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional de la organización, conceptos relacionados a seguridad de procesos, con la finalidad de prevenir la ocurrencia de accidentes mayores que puedan afectar a su personal, instalaciones, ambiente, u ocasionar costos relacionados a la ocurrencia de accidentes mayores de procesos.

2. Las organizaciones cuya actividad operacional implica el manejo de sustancias peligrosas, deben promover, desarrollar e implementar una cultura efectiva de seguridad de procesos, mediante el compromiso de la alta dirección y la participación de todos los niveles que integran la organización.
3. Las organizaciones que manejan sustancias peligrosas, tales como las empresas de producción de petróleo, deben establecer y monitorear indicadores proactivos y reactivos de su desempeño en seguridad ocupacional y de procesos.
4. Las organizaciones de producción de petróleo deben desarrollar estándares corporativos específicos de seguridad de procesos, de acuerdo a su magnitud y alcance de actividades, implementarlos y monitorear su cumplimiento.
5. Los criterios y lineamientos propuestos en el presente trabajo de investigación deben ser difundidos a nivel de organismos reguladores en el Ecuador, a fin de que sean analizados para su incorporación dentro de los requerimientos de seguridad y salud ocupacional para las organizaciones que desarrollan actividades de alto riesgo debido al manejo de sustancias peligrosas dentro de sus operaciones, tal como producción de petróleo, gas, y química.

## Bibliografía

- Abril, C. E., Enríquez, A., & Sánchez, J. M. (2006). *Manual para la integración de sistemas de gestión*. Madrid: Fundación Confemetal.
- American Chemistry Council ACC. (1991). *Process safety code*. Arlington, Virginia.
- American Petroleum Institute API. (1999). *Publicación 2218: Prácticas de recubrimiento contra incendios en plantas de proceso de petróleo y petroquímica*. (2 ed.). Washington: Autor. (2 ed.). Washington: API.
- American Petroleum Institute API. (2007). *Guidance document for the development of a safety and environmental management system for onshore oil and natural gas production operations and associated activities*. *Bulletin 75L*. (1 ed.). Washington: Autor.
- American Petroleum Institute API. (2007). *Guidance Document for the Development of a Safety and Environmental Management System for Onshore Oil and Natural Gas Production Operations and Associated Activities*. *API Bulletin 75L*. (1 ed.). Washington: API.
- American Petroleum Institute API. (2009). *Recommended Practice 580: Risk-based Inspection* (2 ed.). Washington: Autor.
- American Petroleum Institute API. (2009). *Recommended Practice 752. Management of hazards associated with location of process plant permanent buildings*. (3 ed.). Washington: Autor.
- American Petroleum Institute API and American National Standards Institute ANSI. (2010). *Process safety performance indicators for the refining and petrochemical industries*. *Recommended practice 754. 1*. Washington: Autor.
- Amyotte, P., Goraya, A., & Hendershot, D. (2007). Incorporation of Inherent safety Principles in Process safety Management. (A. I. AICHE, Ed.) *Process Safety Progress Magazine*, 26(4), 333-346.
- Arendt, S., DePavia, L., Curtis, R., & Henderson, R. (8 - 10 de agosto de 2011). Practical steps to improving process safety / HSE culture. *Tercera conferencia latinoamericana de seguridad de procesos*. Buenos Aires.
- Baker, J., Bowman, F., Erwin, G., Gorton, S., Hendershot, D., Leveson, N., y otros. (2007). *The B.P. U.S. Refineries Independent Safety Review Panel*. Houston.
- Canadian Society for Chemical Engineering CSCE. (2012). *Process safety management guide* (4 ed.). Ottawa: Autor.
- Center for Chemical Process Safety CCPS. (2007). *Guidelines for risk based process safety*. United States of America: John Wiley & Sons.

- Energy Institute EI. (2010). *High level framework for process safety management, 1*. Londres.
- Europa EU. (2012). *europa.eu*. Recuperado el 01 de noviembre de 2012, de [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/civil\\_protection/l21215\\_es.htm#](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/civil_protection/l21215_es.htm#)
- Hendershot, D. (2010). A summary of inherently safer technology. (A. I. AICHE, Ed.) *Process Safety Progress Magazine*, 29(4), 389 - 392.
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas IAPG. (2010). *Las cifras del petróleo y del gas: 50 años de Petrotecnia*. Buenos Aires.
- Marsh Energy Risk Engineering. (2012). *100 Largest losses 1972 - 2011. Large property damage losses in the hydrocarbon industries*. Londres: Autor.
- Occupational Health and Safety Administration OSHA. (1992). Process safety management of highly hazardous chemicals.
- Petroamazonas EP. (2010). *Diagramas de flujo de procesos as-built. Instalaciones de producción EPF*. Quito.
- Schmidt, M. (September de 2007). Tolerable risk. *Chemical Engineering Magazine*, 1 - 4.
- SINTEF. (2002). *Offshore Reliability Data Handbook* (4 ed.). Trondheim, Noruega: SINTEF.
- Sutton, I. (2010). *Process Risk and Reliability Management. Operational Integrity Management*. Oxford: Elsevier.
- Vásquez Zamora, L., & Ortega, J. (2003). Gestión integral e integrada de seguridad y salud: Modelo Ecuador. En C. Ruiz - Frutos, A. M. García, J. Delclós, & F. G. Benavides, *Salud Laboral. Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales* (3 ed., págs. 207 - 220). Barcelona: Elsevier Masson.
- Woodruff, J. (2005). Consequence and likelihood in risk estimation: A matter of balance in UK health and safety risk assessment practice. *Safety Science*, 43, 345 – 353.

**Anexo 1. Tabla comparativa del Modelo Ecuador de gestión en seguridad y salud, con sistemas de gestión de seguridad de procesos.**

**Anexo 2. Modelo Ecuador de Gestión en seguridad y salud ocupacional:  
Reglamento del seguro general de riesgos del trabajo. Resolución No.  
C.D. 390.**

**Anexo 3. Sistema de gestión de seguridad de procesos PSM de la  
Administración de Seguridad y Salud Ocupacional OSHA 29 CFR  
1910.119.**

**Anexo 4. Marco de alto nivel para gestión de seguridad de procesos del  
Instituto de Energía EI.**

**Anexo 5. Seguridad de procesos basado en riesgo del Centro para  
Seguridad de Procesos Químicos CCPS.**

**Anexo 6. Código de seguridad de procesos del Consejo Americano de  
Química ACC.**

**Anexo 7. Sistema de gestión de seguridad y ambiental para operaciones de producción de petróleo y gas en tierra. Práctica recomendada 75L del Instituto Americano de Petróleo API.**

**Anexo 8. Guía de gestión de seguridad de procesos de Sociedad de  
Ingeniería Química de Canadá CSCE.**

.