

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.871>

## **Análisis e identificación de riesgos de operabilidad en procesos críticos de servicios petroleros, mediante la aplicación de la metodología HAZOP, en la industria ecuatoriana**

Analysis and identification of operability risks in critical processes of oil services, through the application of the HAZOP methodology, in the ecuadorian industry

**Jose David Barros Enriquez**

jbarros@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-2165-4065>  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

**Angel Moises Avemañay Morocho**

aavemanaym@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-3233-9730>  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

**Milton Ivan Villafuerte Lopez**

mvillafuerte@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-2848-6877>  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

**Diego Javier Punina Guerrero**

dpuninag2@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-2848-6877>  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

**Edgar Gabriel Valencia Rodriguez**

evalencia@uteq.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0003-3822-7924>  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo – Ecuador

Artículo recibido: 06 de julio de 2023. Aceptado para publicación: 24 de julio de 2023.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### **Resumen**

La presente investigación refiere a la realización de un estudio de Análisis e Identificación de Riesgos de Operabilidad en Procesos Críticos de Servicios Petroleros, Mediante la Aplicación de la Metodología HAZOP, con la finalidad de reducir o mitigar los riesgos de procesos, que afecten la Salud Física y Psicológica del Trabajador, Medio Ambiente y la Instalación industrial. La investigación inicia con la recopilación de estudios similares, los cuales mencionan que los accidentes en una instalación industrial química y en procedimientos riesgosos, se pueden dar por tres factores: falla mecánica, falla humana y eventos externos. Base que permitió realizar la indagación de la metodología HAZOP y su aplicación; así como también, la investigación de las normas nacionales e internacionales referentes a la gestión de riesgos de procesos.


Posteriormente se aplicó la Metodología HAZOP que consistió en: determinar un área de estudio, seleccionar el equipo de trabajo multidisciplinario, dividir el área en cuantos nodos sean necesarios y aplicar las palabras guías pertinentes, que mediante la generación de ideas y la discusión propositiva identifique los posibles escenarios de accidentes. Luego evaluar y determinar si el riesgo es aceptable, caso contrario proponer las acciones correctivas que permitan controlar y mitigar el riesgo. (Severi et al., 2022) Finalmente, la investigación determinó que el 75% de las actividades realizadas están asociados con consecuencias graves, por tanto, se deben implementar medidas de controles adicionales en un porcentaje del 5% controles de ingeniería, 72% controles administrativos y 23 % no se requiere intervenir en el proceso.

*Palabras clave:* diagramas de flujo del proceso, metodología hazop, nodos, normas, palabras guías, riesgo de procesos, acciones correctivas

## Abstract

This research relates to a study the analysis and identification of Risk of Operability in Critical Processes of Oil Service Companies, by using the application of the Methodology HAZOP, with the aim of deducing or diminishing the operational risk that affecting Physical and Psychological Health Workers, Environment and Industrial Facility. The investigation begins with the collection of similar studies, which mentioned that accidents in an industrial chemical and risky procedure, can be given by three factors: mechanical failure, human error and external events. Base that allowed the investigation of the HAZOP methodology and it application, as well as the investigation of national and international standards regarding risk management process. Later HAZOP methodology was applied consisting of: determining a study area, select the multidisciplinary team, divide the area into many nodes are necessary and apply the relevant guide words that by generating ideas and purposeful discussion identified the accident scenarios. We then assessed the risk and determined whether it is acceptable, otherwise proposed corrective actions to control and mitigate risk (Severi et al., 2022). Finally, the investigation found that 75 % of activities are associated with serious consequences, so you should implement additional control measures a rate of 5 % engineering controls, administrative controls 72 % and 23 % not required intervene in the process.

*Keywords:* process diagrams flow, methodology hazop, nodes, standards, words guides, process risks, corrective actions

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Barros Enriquez, J. D., Avemañay Morocho, A. M., Villafuerte Lopez, M. I., Punina Guerrero, D. J., & Valencia Rodriguez, E. G. (2023). Análisis e identificación de riesgos de operabilidad en procesos críticos de servicios petroleros, mediante la aplicación de la metodología HAZOP, en la industria ecuatoriana. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(2), 3804–3813. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.871>

## **INTRODUCCIÓN**

Propuesto por primera vez por Imperial Chemical Industries, el método de análisis HAZOP (análisis del peligro y operabilidad) se aplica para predecir defectos del diseño, procedimientos operativos y otros posibles peligros ocultos en la fase de producción química. (Zhou et al., 2020)

El análisis HAZOP es un método de evaluación que se utiliza para identificar defectos en sistemas de un diseño previo, mediante la utilización de herramientas cuantitativas y cualitativas y así identificar los posibles riesgos que involucra un proceso industrial. (Vechgama et al., 2021)

Este método consiste en dividir el proceso del grupo en nodos de análisis o unidad del proceso y por evaluaciones de profesionales, identificar las posibles situaciones peligrosas. Finalmente se toman medidas para identificar los cambios y las desviaciones. (Zhou et al., 2020)

Las industrias de procesamiento químico utilizan herramientas de común utilización en seguridad son: Lista de comprobación de riesgos del proceso, Análisis (índices de peligro), Análisis preliminar de peligros, Estudio de peligros y operabilidad (HAZOP), Análisis de modo de fallo y efecto (FMEA), Análisis del árbol de fallos (FTA), análisis de la capa de protección (LOPA), y tomando en cuenta que ningún método puede soportar al 100% los aspectos de seguridad, por lo que el método más utilizado habitualmente es el HAZOP. (Bendib et al., 2019)

La técnica HAZOP es muy utilizada en las industrias químicas y actualmente se la utiliza en muchas ramas de la ingeniería, ayuda a detectar los fallos mediante el oportuno análisis de expertos y para ello se necesita que toda la industria este bien detallada con datos del proceso, información técnica, diagramas P&I, balance de materiales, parámetros del proceso, diagramas de instrumentación, planos, lista de válvulas de seguridad, toda esta información debe estar a cargo del grupo multidisciplinario y así poder aplicar la técnica HAZOP. (Ángel de la O Herrera et al., 2015) (Lee, Shigrekar and Borrelli, 2019)

En un sitio de trabajo donde se cuente con más de diez trabajadores, los Empleadores están obligados a realizar las gestiones pertinentes para la prevención de riesgos ocupacionales, operacionales, ambientales y de procesos, además de velar por la Salud, Seguridad e Higiene del personal laboral; hecho que se ampara en el código de trabajo.

Además de las elevadas inversiones en las instalaciones modernas y los severos impactos económicos, sociales y ambientales que deja un accidente, exigen que se efectúen análisis de riesgos detallados en todas las fases de un proyecto, desde la conceptualización inicial hasta la desincorporación de la instalación o proceso años después. Por ello la identificación temprana de los peligros potenciales en un sistema o proceso es la base para la toma de decisiones, que le ahorran a la empresa cuantiosos recursos económicos. (Penelas and Pires, 2021)

Algunos estudios realizados han determinado que los accidentes de procesos (accidentes mayores) se deben a tres factores: los errores humanos, las fallas mecánicas de los equipos y los eventos externos (clima, fallas geográficas, tormentas, etc.), por lo que se han desarrollado significativos avances en materia de seguridad; con la finalidad de cumplir con dos premisas claves que son: seguridad y disponibilidad del proceso.

Por lo expuesto y en cumplimiento a las normas legales vigentes en el Ecuador en este ámbito, se emprende el análisis y la investigación para dotar a una empresa petrolera del Ecuador, de un documento que identifique los riesgos operacionales y gestione las acciones preventivas necesarias para garantizar un ambiente seguro.

En este estudio en la industria ecuatoriana, específicamente el Departamento de H&SE, con su política de mejor continua en la gestión de prevención de riesgos, determinó la necesidad de

aplicar una metodología moderna (What if, HAZOP, FMEA, Check List, etc.) de identificación de riesgos operacionales.

La estructura del presente trabajo es la siguiente: “En la sección 2 se presenta la metodología y materiales necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación, la sección 3 muestra los resultados obtenidos, los temas de discusión del proyecto realizado se manifiesta en la sección 4 y por último en la sección 5 se detalla las respectivas conclusiones del presente trabajo.

### MÉTODO Y MATERIALES

La metodología utilizada para la identificación de riesgos operacionales en los servicios petroleros en la industria ecuatoriana es la metodología HAZOP.

La metodología HAZOP se desarrolla en dos fases: una previa que consiste en recopilar información sobre los MSDS de los materiales peligrosos, los procedimientos de trabajo, los diagramas P&ID, los diagramas PFD, la descripción detallada de los sistemas a estudiarse y la realización de los formatos HAZOP para su registro. (Wang and Wang, 2020) (Severi et al., 2022)

La figura 1 muestra un modelo orientativo de la tabla de registros HAZOP.

Para aplicar la metodología HAZOP se deberá formar un equipo multidisciplinario con personal de experiencia en la línea de servicio, y efectuar la reunión de trabajo HAZOP.

**Figura 1**

*Formato de registro de riesgos de operabilidad HAZOP*

MATRIZ DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE OPERABILIDAD													
EMPRESA:						FECHA:							
LOCALIDAD:						Revisión:							
ESTACIÓN:						Plano N°:							
PROCESO:													
NODO:													
INTENCIÓN DE DISEÑO:													
Operación	Palabra guía	Variable	Desviación	Causas	Consecuencias	F	S	R	Protecciones	R	V	R	Acción correctiva
	No												
	Mas												
	Menos												
	Reversa												
	Otro que												
	Además de												
	Parte de												
	Así como												

La fase final consiste en la aplicación de la Metodología HAZOP, que inicia con la descripción detallada del sistema a analizar y la división del sistema en cuantos nodos sean necesarios por el grupo de trabajo. Seguidamente se procede a identificar las posibles desviaciones del propósito de diseño que pudiesen conducir a accidentes.

Posteriormente se aplican las palabras guías pertinentes, que mediante la generación de una “lluvia de ideas” y la discusión propositiva, buscará determinar posibles causas y consecuencias

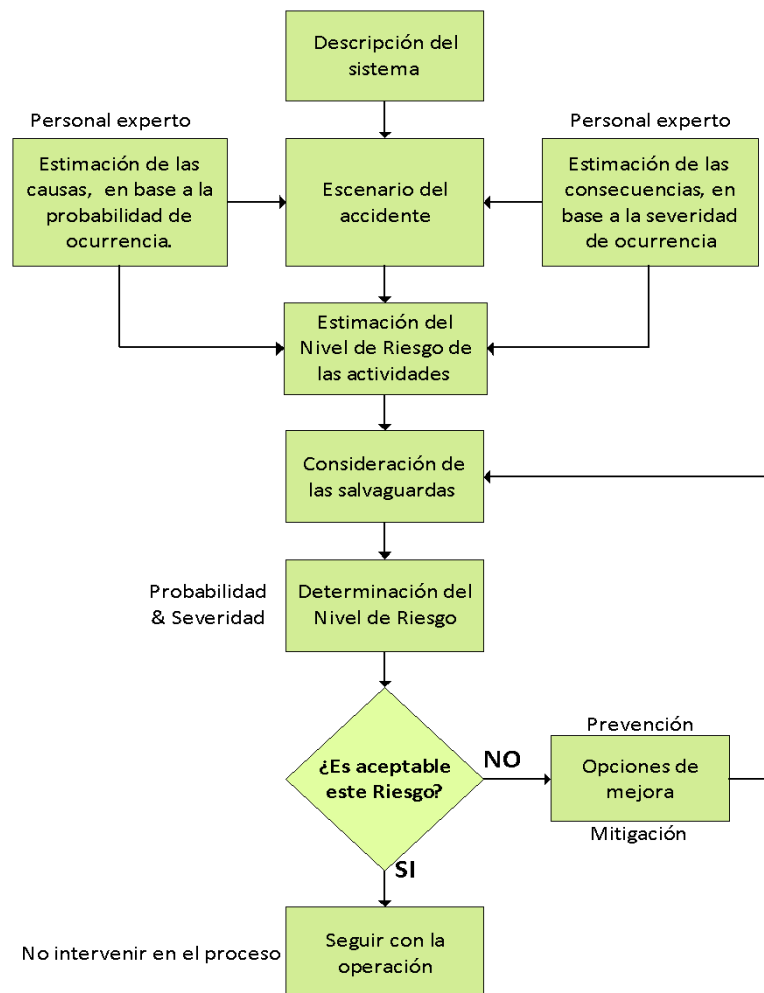
que formen un escenario del accidente, para luego estimar el nivel de riesgo de las actividades (Marhaviolas et al., 2022).

El siguiente paso está en considerar las salvaguardas implementadas para mitigar el riesgo, y evaluarlos para determinar si los mismos son aceptables, caso contrario se modifica el sistema, proceso o procedimiento; también se adoptan medidas para disminuir el riesgo hasta un nivel aceptable y continúe la operación del proceso. La figura 2 pauta un proceso sistemático de análisis de riesgos en instalaciones industriales de procesamiento de crudo.

Los estudios de Análisis de Riesgos del Proceso no están dirigidas a identificar los riesgos laborales "resbalones, tropezones y caídas", los cuales son responsabilidad de los requisitos generales de la seguridad laboral de una empresa y deben estar bien establecidos, éstos están estrechamente ligados con las operaciones de campo realizadas en cada proceso.

**Figura 2**

*Proceso sistemático de análisis HAZOP*



Realizadas todas las actividades descritas anteriormente, se procedió a registrar en los formatos Hazop cada nodo u operación analizada. Con el apoyo de la Matriz HAZOP se procedió a evaluar las actividades, a evaluar las medidas de control implementadas por la empresa y a proponer acciones correctivas que garanticen la fiabilidad del proceso (Feng et al., 2021).

**RESULTADOS**

La evaluación de riesgos de procesos o de los servicios analizados garantiza la seguridad del Trabajador, Medio Ambiente y Propiedad Privada. La evaluación de las medidas de control implementadas por la empresa, evalúa la vulnerabilidad de los mismos. Esto permite tomar acciones correctivas de ingeniería o administrativas que respondan a alguna situación de emergencia que conlleve a un accidente grave o catastrófico, que es particular de los riesgos de procesos.

Para la evaluación del riesgo se utilizó el método de cálculo desglosado de FINE, pero considerando 5 factores (Marhaviilas et al., 2022).

**Tabla 1**

*Matriz de análisis de riesgos de la metodología HAZOP*

PROCESO: Preparar los diferentes fluidos tanto para limpiar el pozo, desplazar la lechada de cemento y cementar el pozo perforado.													
NODO: Unidad de mezcla y bombeo de las lechadas de cemento hacia el pozo.													
INTENCION DE DISEÑO: Preparación de las lechadas de cemento para la cementación de pozos petroleros en el Oriente Ecuatoriano.													
Operación	Pal guía	Variable	Desviación	Causas	Consecuencias	F	S	R	Salvaguardas	N	V	R	Acción correctiva
Bombeo de cemento a la tina de mezcla.	No	Fluido	No existe circulación de fluido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despresurización de los silos y Bulk de cemento.</li> <li>Presencia de sólidos en suspensión por corrosión en los tanques, tuberías, válvulas, etc. de entrada o carga de cemento.</li> <li>Unidad de servicio de aire, dañada.</li> <li>Condiciones ambientales desfavorables.</li> <li>Energía eléctrica insuficiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formación de grumos de cemento en los silos y Bulk.</li> <li>Taponamiento de las tuberías de baja presión.</li> <li>Formación de películas corrosivas y erosivas en las tuberías, válvulas y uniones.</li> <li>Fisuras en las tuberías.</li> <li>Rotura de las tuberías.</li> <li>Expulsión violenta de partes durante las pruebas de líneas o en la operación.</li> <li>Contaminación ambiental.</li> <li>Traumatismos en personal.</li> <li>Penalización del cliente.</li> <li>Pérdida de contratos.</li> <li>Pérdida de imagen local.</li> <li>Retraso del proceso.</li> </ul>	1	4		<ul style="list-style-type: none"> <li>Los silos son presurizados antes de cada operación para homogenizar el cemento.</li> <li>Antes de empezar el bombeo de cemento se verifica mediante sacos herméticos la homogeneidad del cemento dentro del silo.</li> <li>Los silos son limpiados cada 45 días.</li> <li>Existe una Relief Valve (válvula de alivio) a la salida del compresor que evacua el exceso de aire de los silos.</li> </ul>	3	1		<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer y documentar medidas de control claras y puntuales para los recipientes de cemento. Es decir, para el transporte y almacenamiento de cemento en la locación.</li> <li>Realizar los procedimientos de mantenimiento periódicos para los Silos y Bulk de cemento.</li> <li>Intervenir en el diseño de los silos y Bulk mediante un análisis más detallado, para implementar un instrumento o elemento de control.</li> <li>Realizar comprobaciones periódicas para asegurarse que el riesgo aun es tolerable.</li> </ul>

En la tabla 1 se muestra la secuencia de análisis descritas por la metodología HAZOP y los resultados obtenidos durante la reunión del estudio. Esto nos permite determinar la magnitud del riesgo para cada actividad. A continuación, se presenta un ejemplo de la evaluación matemática para el control de riesgos en las matrices HAZOP.

Este método permite calcular el grado de peligrosidad de cada riesgo identificado, mediante una fórmula matemática que vincula la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias (basado en los 5 factores de STROHM & OPHEIM) que pueden originarse y el grado de vulnerabilidad de los sistemas de mitigación implementados.

Operación: Bombeo de cemento a la tina de mezcla.

Una vez identificado el propósito de diseño del nodo, la palabra guía, la variable del proceso, las causas de la desviación del propósito de diseño y las consecuencias, procedemos a valorar la misma.

Ecuación del Nivel de riesgo de la actividad:

$$NR = NFxNC$$

Donde:

**NR**= Nivel del riesgo de la actividad

**NF**= Nivel de frecuencia o probabilidad

**NC**= Nivel de consecuencia

Por lo tanto:

$$NC = 4 \text{ Segun tabla}$$

$$NF = 2 \text{ Segun tabla}$$

Entonces se tiene:

$$NR = (2) \times (4)$$

$$NR = 8$$

Conclusión: De acuerdo a la tabla, Como NR=8, el riesgo de la actividad es altamente crítico, la situación es grave.

**Tabla 2**

Matriz de nivel de riesgo

		MATRIZ DE RIESGOS			
		Probabilidad de ocurrencia			
		Frecuente de ocurrir (4)	Ocasionales (3)	Eventuales (2)	Poco probables (1)
Severidad esperada	Critico (5)	SC 20	SC 15	SC 10	AC 5
	Serio (4)	SC 16	SC 12	AC 8	AC 4
	Mayor (3)	SC 12	AC 9	MC 6	NC 3
	Moderado (2)	AC 8	MC 6	NC 4	NC 2
	Menor (1)	MC 4	NC 3	NC 2	NC 1

■ EXTREMO = SC

■ ALTO = AC

■ MEDIO = MC

■ BAJO = NC

Sin embargo, es necesario determinar la respectiva vulnerabilidad de las medidas de control implementadas por la empresa, por lo que se tiene:

Ecuación de la vulnerabilidad

$$R = NR \times V$$

Donde:

*R* = Riesgo real

*NR* = Nivel de riesgo de la actividad

*V* = Vulnerabilidad

Por lo tanto:

NR =3, según tabla (4 niveles de riesgo)

V =1, según tabla (3 niveles de vulnerabilidad)

Entonces se tiene:

$$R = (3) \times (1)$$

$$R = 3$$

**Tabla 3**

Matriz de Vulnerabilidad

ESTIMACIÓN CUALITATIVA DE EXPOSICIÓN REAL DEL RIESGO, CONSIDERANDO LAS SALVAGUARDAS EXISTENTES.				
		VULNERABILIDAD		
		Mediana gestión (acciones aisladas). (1)	Incipiente gestión (protección personal). (2)	Ninguna gestión. (3)
RIESGO	Súper Crítico (4)	IP -	IT -	IT -
	Altamente crítico (3)	MD 3	IP -	IT -
	Moderadamente crítico (2)	MD 2	IP 4	IP 6
	No crítico (1)	MD 1	MD -	MD 3

■ RIESGO INTOLERABLE = IT

■ RIESGO IMPORTANTE = IP

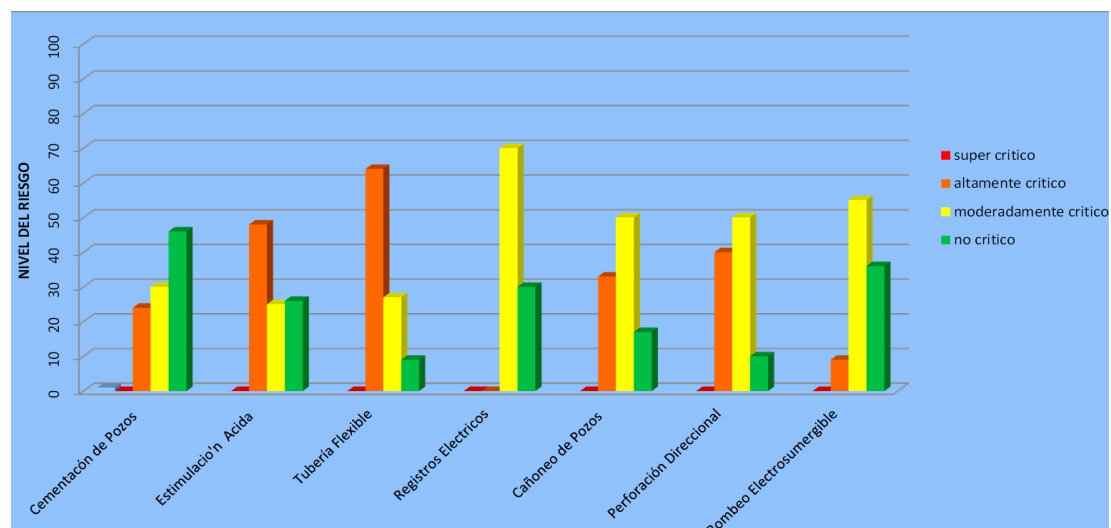
■ RIESGO MODERADO = MD

Conclusión: Como el riesgo real es 3, en este nivel se debe determinar si el riesgo está asociado con consecuencias graves. Si está asociado, existe la necesidad de mejorar las medidas de control.

En base a la evaluación final se establece las acciones correctivas necesarias, si el análisis no es claro se establece una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de ocurrencia como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control, la cual se implementará según la jerarquía del control de riesgo.

**Figura 3**

Evaluación general de los riesgos operacionales, en porcentajes, según el método HAZOP





## **DISCUSIÓN**

Se deben realizar la identificación de los riesgos ocupacionales, ambientales, operacionales y de procesos con la finalidad de garantizar la Salud Física y Psicológica del Trabajador, precautelar el Medio Ambiente y la Propiedad Privada (Instalaciones).

Para la mejora de la seguridad y salud operacional de procesos, en el trabajo, es imprescindible contar con registros de accidentabilidad, fichas de diagnóstico y la

respectiva matriz HAZOP, los cuales ayudarán a estar en cumplimiento con las normas legales vigentes en el Ecuador y de esta manera contribuir con el mejoramiento continuo de los sistemas de prevención de riesgos.

Al no existir un sistema de gestión en cuanto a Seguridad, Salud Laboral y Medio Ambiente, no se podría saber y determinar de manera clara, qué posibles riesgos están presentes en el entorno de trabajo y sus consecuencias graves, y por otra parte se estaría descuidando en cuanto a condiciones seguras de trabajo según lo dictamina la Constitución de la República en su Art. 326, numeral 5,6 y 7.

Al desarrollar la presente investigación se estará contribuyendo en el mejoramiento continuo de la seguridad del personal de trabajo de la institución, dentro de un ambiente de trabajo seguro y saludable.

De acuerdo a los resultados observados anteriormente se puede deducir que es necesario el sistema de gestión en cuanto a seguridad operacional, en la industria ecuatoriana, el mismo que ayudará a regirse bajo las normas legales vigentes del Ecuador.

Si una empresa cuenta con más de 10 trabajadores tienen la obligación de realizar el plan mínimo de prevención de riesgos laborales, además de identificar los riesgos operacionales de procesos.

El punto de partida para la elaboración del documento de seguridad operacional de procesos; es el mapa de riesgos laboral, la gestión preventiva de la matriz de riesgos del HAZOP, evidenciará los resultados para la respectiva prevención de riesgos operacionales de procesos.

## **CONCLUSIONES**

Se realizó el respectivo Análisis e Identificación de Riesgos de operabilidad en Procesos Críticos de Servicios Petroleros, Mediante la Aplicación de la Metodología HAZOP, a través de entrevistas, reuniones, verificación e inspección del trabajo (Hoja de procedimientos), observación de los diagramas PID y PFD, para conocer la situación actual y determinar el nivel de riesgo de los procesos Se determinó que un 75 % de las actividades son altamente riesgosas.

Por otro lado, se obtuvo que un 75% de las actividades están asociados con consecuencias graves, determinando la necesidad de implementar medidas de control adicionales a las existentes, debido a que el personal que trabaja en las respectivas líneas estudiadas conoce algo en cuanto a temas de seguridad laboral, el problema es que no cuentan con conocimiento acerca de los riesgos de procesos, sus reacciones en cadena y las consecuencias graves que pueden dejar las mismas.

Se deben implementar controles de riesgos correspondientes al 72% Controles Administrativos, 23% no intervenir en el diseño y un 5% controles de ingeniería.

La aplicación de la metodología HAZOP puede extenderse al modelamiento matemático con el propósito de anticipar posibles escenarios de riesgos y evitar afectaciones en los trabajadores, lo que se conoce como HAZOP 4.0.(Mokhtarname et al., 2020) (Mokhtarname et al., 2022)

## REFERENCIAS

Angel de la O Herrera, M. et al. (2015) 'A structural approach to the HAZOP - Hazard and operability technique in the biopharmaceutical industry', *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 35, pp. 1–11. doi: 10.1016/j.jlp.2015.03.002.

Bendib, R. et al. (2019) 'Risk assessment for a steam generator (1050 G1) Skikda refinery Algeria, using HAZOP and RQA methods', *Proceedings of International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies, IC\_ASET 2019*, pp. 262–267. doi: 10.1109/ASET.2019.8871025.

Feng, X. et al. (2021) 'Application of natural language processing in HAZOP reports', *Process Safety and Environmental Protection*, 155, pp. 41–48. doi: 10.1016/j.psep.2021.09.001.

Lee, J., Shigrekar, A. and Borrelli, R. A. (2019) 'Application of hazard and operability analysis for safeguardability of a pyroprocessing facility', *Nuclear Engineering and Design*, 348(February), pp. 131–145. doi: 10.1016/j.nucengdes.2019.02.021.

Marhavilas, P. K. et al. (2022) 'Safety-assessment by hybridizing the MCDM/AHP & HAZOP-DMRA techniques through safety's level colored maps: Implementation in a petrochemical industry', *Alexandria Engineering Journal*, 61(9), pp. 6959–6977. doi: 10.1016/j.aej.2021.12.040.

Mokhtarname, R. et al. (2020) 'Toward HaZOP 4.0 approach for managing the complexities of the hazard and operability of an industrial polymerization reactor', *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), pp. 13593–13600. doi: 10.1016/j.ifacol.2020.12.852.

Mokhtarname, R. et al. (2022) 'Application of multivariable process monitoring techniques to HAZOP studies of complex processes', *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, p. 104674. doi: 10.1016/j.jlp.2021.104674.

Penelas, A. de J. and Pires, J. C. M. (2021) 'Hazop analysis in terms of safety operations processes for oil production units: A case study', *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(21), pp. 0–17. doi: 10.3390/app112110210.


Severi, C. A. et al. (2022) 'Identification of critical operational hazards in a biogas upgrading pilot plant through a multi-criteria decision-making and FTOPSIS-HAZOP approach', *Chemosphere*, 307, p. 135845. doi: 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.135845.

Vechgama, W. et al. (2021) 'Application of Hazard and Operability Technique to Level 1 Probabilistic Safety Assessment of Thai Research Reactor-1/Modification 1: Internal Events and Human Errors', *Progress in Nuclear Energy*, 138(June), p. 103838. doi: 10.1016/j.pnucene.2021.103838.

Wang, R. and Wang, J. (2020) 'Risk Analysis of Out-drum Mixing Cement Solidification by HAZOP and Risk Matrix', *Annals of Nuclear Energy*, 147, p. 107679. doi: 10.1016/j.anucene.2020.107679.

Zhan, Y., Xu, F. and Zhang, Y. (2009) 'The application of HAZOP analysis on risk assessment of the 10000TEU container ships', *International Asia Symposium on Intelligent Interaction and Affective Computing, ASIA 2009*, pp. 59–62. doi: 10.1109/ASIA.2009.9.

Zhou, G. W. et al. (2020) 'An intelligent HAZOP quantitative analysis method based on deviation duration', *Process Safety Progress*, 39(1), pp. 1–6. doi: 10.1002/prs.12065.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .