



Método para la estimación de factibilidad en sistemas de seguridad con números neutrosóficos de valor único

Felipe Vladimiro Vera Díaz¹, José Ariel Romero², Raúl Comas Rodríguez³

¹ Docente, Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: vladimirovera@hotmail.com

² Director de Investigación, Uniandes, Ecuador. E-mail: dir.investigacion@uniandes.edu.ec

³ Analista de Investigación, Uniandes, Ecuador. E-mail: ua.raulcomas@uniandes.edu.ec

Resumen: El crecimiento industrial genera especialización de diferentes tareas que son realizadas a partir máquinas. La factibilidad sobre la seguridad en el uso de las máquinas, constituye una tarea necesaria de cuantificar. Sin embargo, el análisis de seguridad no ha sido suficientemente abordado por la ciencia. La presente investigación tiene como objetivo la elaboración de un método para el análisis de factibilidad en sistemas de seguridad. El método propuesto implementa en su gestión números neutrosóficos de valor únicos. La propuesta es validada mediante un ejemplo demostrativo para determinar el índice de riesgo derivado de una actividad industrial.

Palabras Claves: Seguridad, números neutrosóficos, análisis de factibilidad.

1 Introducción

El crecimiento industrial alcanzado en la actualidad genera nuevas formas de trabajo donde el hombre se integra en los procesos productivos. En América Latina y en el Ecuador los estados trabajan en la sustitución de importaciones fortaleciendo la industria interna [1], [2, 3]. La industrialización introduce nuevos modelos de gestión para el desarrollo de las actividades productivas creándose políticas regionales en este sentido [4], [5].

Introducir procesos industriales va aparejado de ciertos riesgos dentro de la actividad laboral, que pueden detonar en accidentes [6], [7]. En ocasiones se producen accidentes por acciones o condiciones inseguras, que afectan la productividad de la empresa. Por ello que los trabajadores debe tener garantizada su autoprotección, representando una responsabilidad personal [8], [9]. La seguridad personal ayudar a minimizar los riesgos que detonan en accidentes.

El establecimiento de políticas y normas de seguridad y su cumplimiento, contribuye a la mitigación del riesgo y por consiguiente la disminución de accidentes de trabajo [10], [11]. Conocer y cuantificar los riesgos procedentes de la actividad industrial, facilita el análisis de factibilidad sobre el desarrollo del proceso productivo y representa una cultura de seguridad que debe ser incorporada por todos los trabajadores [12], [13, 14].

2 Preliminares

La presente sección introduce los principales elementos sobre el dominio del problema. La Figura 1 muestra una representación preliminar sobre los conceptos de la propuesta. Se presenta la seguridad industrial como el elemento objeto de estudio y se introducen los riesgos laborales como parte del contexto de la seguridad industrial.

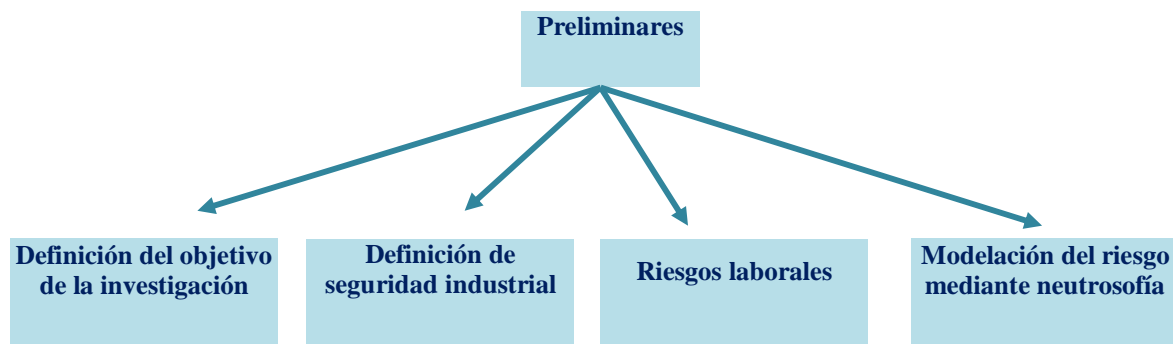


Figura 1: Preliminares.

A partir de la situación descrita, el objetivo de la presente investigación es: desarrollar un método para la estimación de factibilidad de riesgos en sistemas de seguridad.

2.1 Seguridad industrial

La seguridad industrial es el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos destinados a localizar, evaluar, controlar y prevenir las causas de los riesgos en el trabajo, a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con el motivo de su actividad laboral [15]. Comprende un conjunto de acciones programadas con el fin de prevenir los riesgos laborales, a través de la implementación de un conjunto de acciones estructuradas para tales fines.

La seguridad requiere de una participación universal donde todos los trabajadores se inclinan en función de caracterizar la organización identificando las particularidades que lo singulariza como un elemento de cultura. Se define a la cultura de seguridad como un conjunto de valores y conocimientos que deben ser compartidos por todos los miembros de una organización, sin importar el área y rango, basándose en que la seguridad es importante para toda persona y será responsabilidad de la misma ponerla en práctica [16], [17].

2.2 Riesgos laborales

Se define lugar de trabajo a aquella área del centro de trabajo en la que los trabajadores permanecen o acceden en razón de su actividad laboral. El lugar de trabajo incluye todos los servicios que apoyan al trabajador en su labor como: higiénicos, comedores, locales de descanso, entre otros [18],[19, 20]. Diversas han sido las clasificaciones en función de la salud ocupacional y la seguridad industrial [21], [22, 23]. Dentro de los principales elementos a tener en cuenta se relacionan los siguientes:

- Las condiciones constructivas,
- Las condiciones generales de iluminación,
- La higiene y limpieza en general de toda la instalación,
- Las condiciones de los servicios higiénicos y locales de descanso,
- El material y locales de primeros auxilios.

Las medidas preventivas adoptadas durante el diseño del proyecto de construcción de las instalaciones, garantizan mayor efectividad para disminuir los riesgos laborales. Los elementos que se tienen en cuenta durante el diseño se aplican a posteriori y suelen ser más baratos. Sin embargo, los cambios introducidos en los procesos de trabajo, la maquinaria, las nuevas tecnologías y la organización del trabajo requieren con frecuencia reacomodar las edificaciones y locales concebidos para otros usos.

Las edificaciones deben poseer características de diseño específicas que contribuyan a la disminución de riesgos laborales como son: dimensiones mínimas de los locales, vías de circulación, puertas, rampas y escaleras, vías y salidas de evacuación, distribución de las maquinarias, delimitación de los puestos de trabajo y equipos, instalación eléctrica entre otros. De la correcta implementación del diseño físico y el cumplimiento de las normas básicas depende una parte importante en la mitigación de riesgos laborales [24], [25].

3 Diseño del método para el análisis de factibilidad en sistemas de seguridad

Un riesgo laboral puede ser modelado como un problema de toma de decisión multicriterio [26, 27]. De modo que se tenga [28]:

- Un conjunto de riesgos derivados de la actividad laboral $R = \{R_1, \dots, R_n\}$, $n \geq 2$;
 - Que son expuestos al conjunto de alternativas que representan las instalaciones industriales $I = \{I_1, \dots, I_m\}$, $m \geq 2$;
- [29], [30]

Los riesgos están conformados por el grupo de criterios que determinan el impacto en la actividad productiva que pueden ser modelado mediante la neutrosofía propuesta por Smarandache [31], [32].

El nivel de impacto de un indicador se expresa mediante una relación directa de su influencia o la negación de este con un espectro de neutralidad representando un dominio numérico Neutrosófico de Valor Único (SVN por sus siglas en Inglés) [33], [34]. El nivel de impacto es expresado mediante tres condiciones:

- El riesgo <A> puede implicar negativamente al riesgo de modo que si <A> disminuye disminuye según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- El riesgo <A> puede implicar positivamente el riesgo de modo que si <A> incrementa B incrementa según el nivel de implicación entre los conceptos con un grado de neutralidad <neutA>.
- El riesgo <A> no posee implicación en el riesgo de modo que las variaciones de <A> no poseen implicación en .

La definición original de valor de verdad en la lógica neutrosófica es mostrado como [35]:

Sean

$$N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\}^n,$$

Un valor neutrosófico es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a N , a partir de cada sentencia p se tiene:

$$v(p) = (T, I, F) \tag{1}$$

La Figura 2 muestra un esquema general que ilustra el flujo de trabajo del método propuesto.

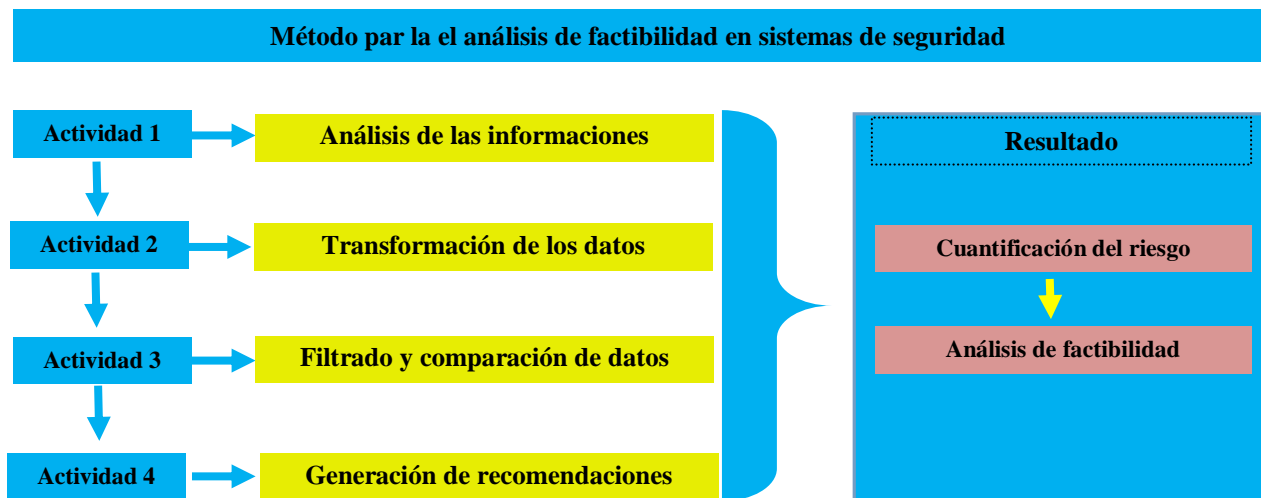


Figura 2: Esquema con el flujo de trabajo del método propuesto.

El método para la factibilidad en sistemas de seguridad se diseñó mediante un flujo de trabajo compuesto por cuatro actividades que en su integración conforman el análisis de factibilidad. A continuación, se realiza una descripción de las actividades propuestas.

Actividad 1 análisis de las informaciones

Para nutrir el funcionamiento del método propuesto, se identifican las fuentes de información y posteriormente se almacenan en bases de datos para su posterior transformación y análisis. Dicha actividad utiliza la base de conocimiento empírica organizacional. Consiste en la recolección de informaciones históricas almacenadas en los procesos industriales.

Apoyado en la neutrosofía se obtiene una mejor interpretabilidad de los datos, utilizan los conjuntos SVNS los cuales permiten el empleo de variable lingüísticas. Los riesgos son expresados mediante un universo de discurso se denota como (X) . Donde el conjunto neutrosófico de valor único se define como A sobre X , el cual es un objeto de la forma, como se muestra en la ecuación 2.

$$A = \{(x, uA(x), rA(x), vA(x)) : x \in X\} \tag{2}$$

Donde: $(x)X \rightarrow [0,1], rA(x) \rightarrow [0,1], vA(x) \rightarrow [0,1];$ con $0 \leq uA(x) + rA(x) + vA(x) \leq 3$ para todo $x \in X$. El intervalo $(x), rA(x)$ y $vA(x)$ denotan las membrecías a verdadero, indeterminado y falso de x en A , sucesivamente. El valor del conjunto neutrosófico de se expresa tal como muestra la ecuación 3.

$$A = (a, b, c) \tag{3}$$

Donde: $a, b, c \in [0,1], a+b+c \leq 3$

Actividad 2 transformación de los datos

Cada dato describe las características que describen el riesgo, a partir de números neutrosóficos [36], [37]. Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_n^*)$ sea un vector de números SVN, tal que: $A_j^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*), j=(1,2, \dots, n), B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \dots, B_{im}) (i = 1,2, \dots, m)$, sean m vectores de n SVN números.

Tal que $B_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})(i = 1,2, \dots, m), (j = 1,2, \dots, n)$, Las B_i y A^* obtenido mediante la ecuación 4:

$$d_i = \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|a_{ij} - a_j^*|)^2 + (|b_{ij} - b_j^*|)^2 + (|c_{ij} - c_j^*|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

$(i = 1,2,3 \dots, m)$

Se emplea la media de similaridad a partir de la obtención de la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación 5.

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots, v_l^j\}, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

El cálculo permite la obtención de la medida de la alternativa A_i , a partir de la similitud el método debe buscar cuál de los datos tienen mayor cercanía al conjunto solución S_i a partir de lo cual mediante la vecindad se obtiene un orden de las alternativas. Mientras más pequeña sea la vecindad mayor será la similitud [37], [37, 38].

Actividad 3 Filtrado y comparación de los datos

La actividad consiste en evaluar el comportamiento de los indicadores de riesgo para una determinada actividad. Para ello se utiliza la escala lingüística S , $V_k^j \in S$.

Donde: $S = \{S_1, S_g\}$ que representan el conjunto de etiquetas lingüísticas para evaluar las características de los riesgos C_k .

La evaluación realizada es considerada la preferencia del proceso a partir de la cual se obtienen:

$$P = \{P_1, \dots, P_e\},$$

Los valores obtenidos son comparados con los datos almacenados previamente, se realiza un proceso de comparación mediante la distancia euclidiana tal como expresa la ecuación (6).

$$S = 1 - \left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|a_{ij} - a_j^*|)^2 + (|b_{ij} - b_j^*|)^2 + (|c_{ij} - c_j^*|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

La función S determina la similitud entre los valores de los datos almacenados y las preferencias obtenidas realizando la comparación con toda la vecindad existente.

Actividad 4 Generación de recomendaciones

A partir de la obtención de la similitud, se realiza el proceso de recomendaciones. Las recomendaciones se realizan a partir de los datos almacenados. Consiste en generar un ordenamiento sobre la vecindad de similitud.

El mejor resultado será aquel que satisfagan las necesidades que caracterizan el riesgo matemáticamente, los que obtengan mayor similitud.

4 implementación del método propuesto en sistemas de seguridad

El método propuesto fue probado para el análisis de seguridad en sistemas industriales, se realizó la prueba en tres industrias de la región de Babahoyo de Ecuador. El objetivo es priorizar la atención hacia posibles incidentes para lo cual se priorizan las instalaciones más vulnerables. Los resultados son representados mediante las alternativa I , de modo que:

$$I = \{i_1, i_2, i_3\},$$

Valorado a partir del conjunto de características C que describen el riesgo tal que:

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\},$$

A partir del conjunto de etiquetas lingüística que se presenta en la tabla 1[36], definidas como:

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)

Extremadamente mala (EM) (0,1,1)

A partir de la aplicación del método se obtienen como resultado la expresión de comparación que se muestra en la expresión 7, estos datos son almacenados en la base de datos para nuevos análisis.

$$P_e = \{B, MDB, M, MMB, B, MB\} \quad (7)$$

A partir de la corrida de los datos, se obtienen su filtrado que proporciona un mapa para cada alternativa objeto de análisis. Las Figuras 3,4 y 5 presentan el mapa de datos obtenidos mediante una gráfica de barra.

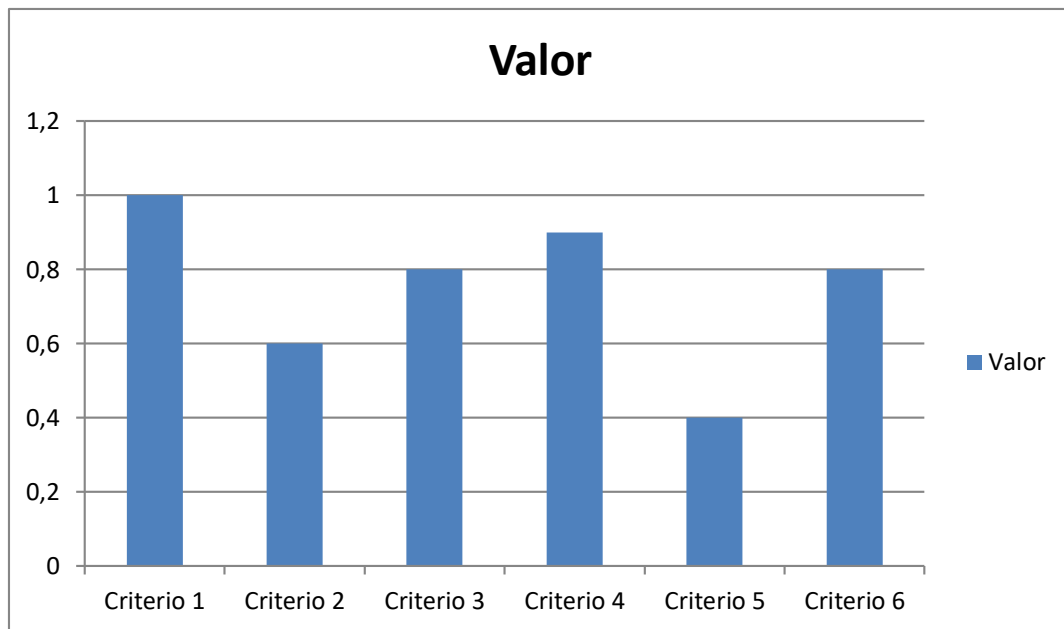


Figura 3: Mapa de datos para la industria 1.

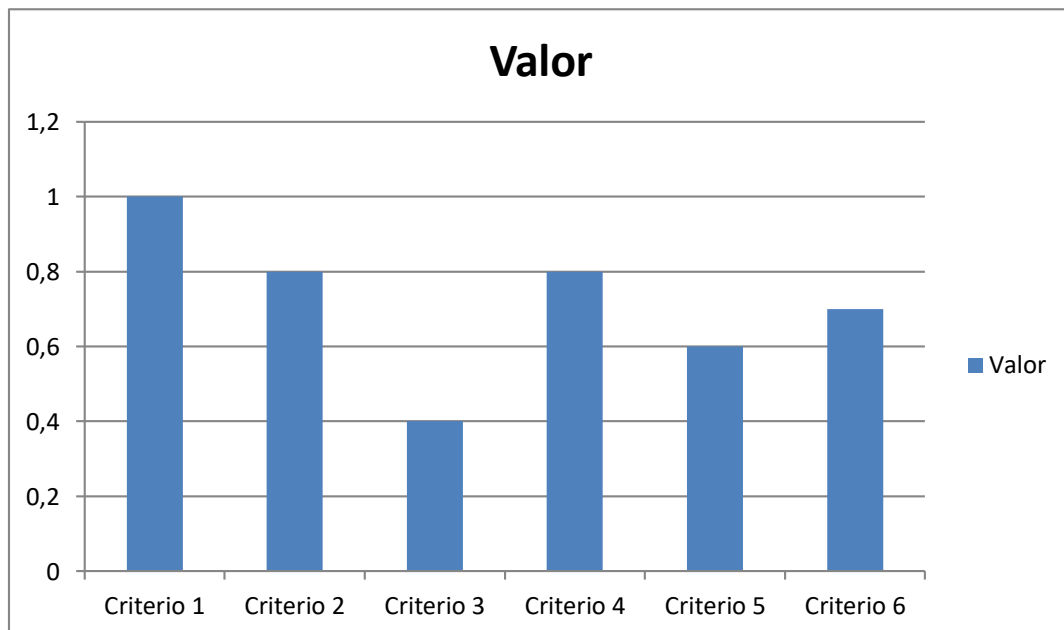


Figura 4: Mapa de datos para la industria 2.

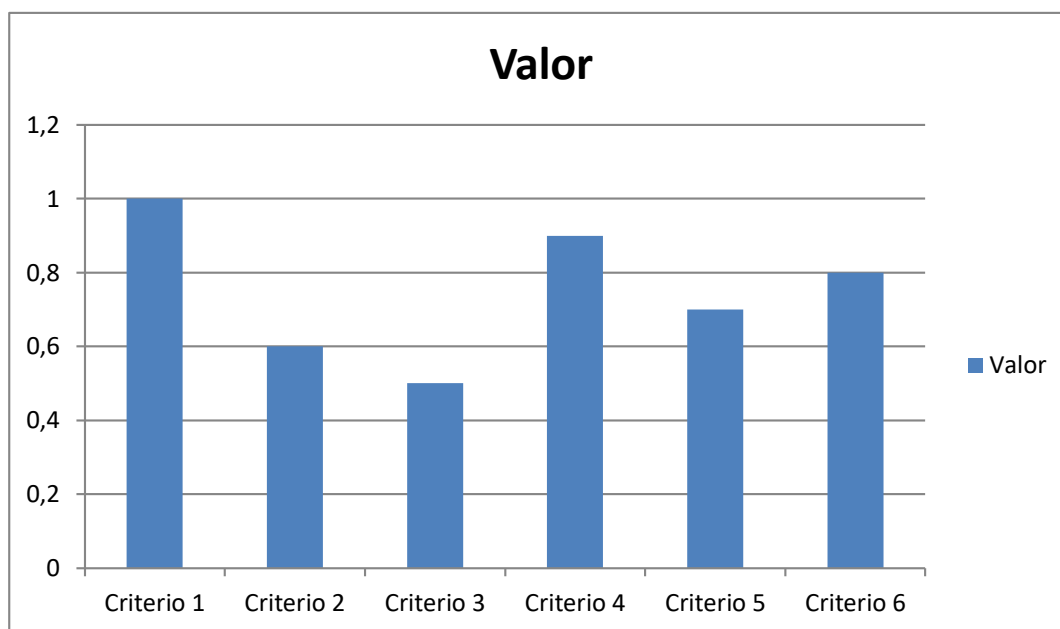


Figura 5: Mapa de datos para la industria 3

Una vez obtenido el mapa de las alternativas se obtuvo el cálculo de la similitud que se muestra mediante la tabla 3.

Tabla 2: Similitud entre los productos y el perfil del producto.

a_1	a_2	a_3
0.54	0.86	0.92

Por lo tanto a partir del análisis de los resultados se relaja el proceso de ordenamiento de alternativas. A partir del proceso se visualizan la alternativa objeto de atención. La expresión 8 muestra el resultado del ordenamiento realizado.

$$\{a_3, a_2, a_1\} \tag{8}$$

A partir del ordenamiento el método realiza como recomendación la (a_3) que se corresponden con la industria de mayor riesgo por lo que resulta necesario atender como primera instancia y posteriormente (a_2) como segundo nivel de análisis.

Conclusiones

La contribución presentada para la identificación de riesgos industriales, se basó en la utilización de los números de conjunto neutrosófico de valor único mediante expresiones de términos lingüísticos. El método desarrollado sigue un flujo de trabajo mediante 4 actividades que conforman su gestión integral.

A partir de la prueba del método propuesto se realizó una valoración a tres industrias para determinar cuál posee mayores vulnerabilidades en función de priorizar su atención, donde se obtuvieron mediante los criterios que caracterizan los riesgos la inferencia del método y nutrieron la base de conocimientos que mejora el aprendizaje para el posterior funcionamiento.

Referencias

[1] M. F. Madrid Merizalde, “La industrialización dirigida por el estado y la sustitución de importaciones en América Latina y en el Ecuador, 1967-1980,” Quito, 2018.
 [2] J. R. Agulló, *Prevención de riesgos laborales. Nivel básico*: Ediciones Paraninfo, SA, 2015.

- [3] N. Batista Hernández, and N. Valcárcel Izquierdo, “Determinación de la prefactibilidad en la aplicación de una estrategia pedagógica para la formación de la competencia Emprender en la educación preuniversitaria como contribución a la formación integral del estudiante,” *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2018.
- [4] A. R. L. Andrade, “Política de industrialización selectiva y nuevo modelo de desarrollo,” *Revista Ciencias Sociales*, vol. 1, no. 38, pp. 233-235, 2016.
- [5] R. C. Quezada, “Las políticas de desarrollo regional en Ecuador,” *Yachana Revista Científica*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [6] S. J. Ponce Vinueza, “Análisis del proceso de industrialización ecuatoriano y su selección de sectores prioritarios, bajo la perspectiva de la política industrial moderna, en el periodo 2007-2017,” PUCE, 2017.
- [7] Y. Correa, and E. Alexandra, “Industrialización y su incidencia productiva en el cantón El Chaco,” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería en Finanzas y ..., 2019.
- [8] J. M. N. Icaza, C. J. V. Márquez, R. A. G. Avilés, R. F. O. Zapata, and G. M. C. Echeverría, “LAS PYMES EN EL PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL CACAO EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS, ECUADOR,” *Investigación Operacional*, vol. 40, no. 4, pp. 523-529, 2019.
- [9] D. M. G. Valarezo, N. J. A. Vivanco, and J. A. B. Pacheco, “Evaluación económica del sector agropecuario e industrial en Ecuador 1980–2015,” *ECA Sinergia*, vol. 10, no. 2, pp. 116-128, 2019.
- [10] M. A. Flor Larco, “Incidencia de la gran depresión en la Economía del Ecuador (1928-1933),” PUCE-Quito, 2019.
- [11] S. R. S. de Viteri, and C. Puente, “Dimensiones de análisis organizacional: Caso en la industria de Energía en Ecuador,” *CienciaAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 8, no. 1, pp. 158-177, 2019.
- [12] G. C. Lombeida Freile, “Memoria social y actores en la producción de la indumentaria en Quito contemporáneo: entre lo artesanal y lo industrializado,” Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, 2019.
- [13] J. S. Quishpe Gaibor, and E. F. Albán Yépez, “Discriminación laboral de los pueblos y nacionalidades indígenas en la industria mecánica del Ecuador,” *Caribeña de Ciencias Sociales*, no. mayo, 2019.
- [14] N. B. Hernandez, and J. E. Ricardo, *Gestión empresarial y posmodernidad: Infinite Study*, 2018.
- [15] V. Á. García, *La normalización industrial: Universitat de València*, 1999.
- [16] A. Saliba, “Cultura de Seguridad en DuPont [diapositivas de Power Point],” *Foro Internacional VII DuPont Maximizando su Cultura de Seguridad y Comportamiento, Lima, Perú*, 2014.
- [17] R. Escalante, W. Bolívar, V. Ramos, and A. André, “Propuesta de implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para mi fundación sin fines de lucro,” 2018.
- [18] A. Teresa Carbonel-Siam, and A. Torres-Valle, “Evaluación de percepción de riesgo ocupacional,” *Ingeniería Mecánica*, vol. 13, no. 3, pp. 18-25, 2010.
- [19] L. P. P. Mora, “Gestión de Riesgos Laborales en las Prácticas de Responsabilidad Social Corporativa en el Ecuador,” Universidad de Huelva, 2015.
- [20] P. J. E. Ricardo, and P. B. N. M. Roca, “LA PEDAGOGÍA COMO INSTRUMENTO DE GESTIÓN SOCIAL.”
- [21] W. L. A. Gallegos, “Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial industrial,” *Revista cubana de salud y trabajo*, vol. 13, no. 3, pp. 45-52, 2012.
- [22] A. L. García-Izquierdo, “I Ergonomía y Psicosociología aplicada a la prevención de riesgos laborales,” *Psicothema*, vol. 30, no. 3, 2018.
- [23] N. B. Hernández, W. O. Aguilar, and D. A. Luis, “Acercamiento a la gestión del talento humano en la facultad de jurisprudencia y ciencias sociales y políticas de la Universidad Estatal de Guayaquil,” *Revista Didasc@ lia: Didáctica y Educación. ISSN 2224-2643*, vol. 6, no. 4, pp. 223-238, 2016.
- [24] C. Ruiz-Frutos, A. M. García, J. Delclós, and F. G. Benavides, "Salud laboral: conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales," *SciELO Public Health*, 2007.
- [25] F. Brocal, “Incertidumbres y retos ante los riesgos laborales nuevos y emergentes,” *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, vol. 19, no. 1, pp. 6-9, 2016.
- [26] A. Grajales Quintero, E. Serrano Moya, and C. Hahan Von, “Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación,” *Luna Azul*, vol. 36, no. 1, pp. 285-306, 2013.
- [27] C. Bouza. "Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en contabilidad, administración, economía," https://www.researchgate.net/publication/303551295_METODOS_CUANTITATIVOS_PARA_LA_TOMA_DE_DECISIONES_EN_CONTABILIDAD_ADMINISTRACION_ECONOMIA.
- [28] R. Garza-Ríos, C. González-Sánchez, I. Pérez-Vergara, E. Martínez-Delgado, and M. Sanler-Cruz, “Concepción de un procedimiento utilizando herramientas cuantitativas para mejorar el desempeño empresarial,” *Ingeniería Industrial*, vol. 33, pp. 239-248, 2012.
- [29] O. Mar, I. Santana, and J. Gulín, “Algoritmo para determinar y eliminar nodos neutrales en Mapa Cognitivo Neutrosófico,” *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, vol. 8, pp. 4-11, 2019.
- [30] O. Mar, I. Santana, and J. Gulín, “Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map,” *Revista Investigación Operacional* vol. 38, no. 2, pp. 170-178, 2017.

- [31] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.
- [32] F. Smarandache, *Symbolic neutrosophic theory*: Infinite Study, 2015.
- [33] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y.-Q. Zhang, *interval neutrosophic sets and logic: theory and applications in computing: Theory and applications in computing*: Infinite Study, 2005.
- [34] F. Martínez, "Aplicaciones al modelo conexionista de lenguaje y su aplicación al reconocimiento de secuencias y traducción automática," Universidad Politécnica de Valencia, 2012.
- [35] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.
- [36] R. Sahin, and M. Yigider, "A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection," *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.
- [37] L. K. Á. Gómez, D. A. V. Intriago, A. M. I. Morán, L. R. M. Gómez, J. A. A. Armas, M. A. M. Alcívar, and L. K. B. Villanueva, "Use of neutrosophy for the detection of operational risk in corporate financial management for administrative excellence," *Neutrosophic Sets and Systems*, pp. 75, 2019.
- [38] N. B. Hernandez, M. B. Ruilova Cueva, and B. N. Mazacón, "Prospective analysis of public management scenarios modeled by the Fuzzy Delphi method," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 17, 2019.

Received: octubre 11, 2019. Accepted: enero 10, 2020