



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DE ACCIDENTES LABORALES EN EMPRESAS PETROLERAS ECUATORIANAS,
UTILIZANDO TÉCNICAS DE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial.

Autor(a)

Ing. Bryan Danilo Damián Tixi

Tutor(a)

Ing. Andrés Rafael Abril Camino; Mgs.

AMBATO– ECUADOR

2026

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Bryan Danilo Damian Tixi, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “Análisis de accidentes laborales en empresas petroleras ecuatorianas, utilizando técnicas de estadística multivariada”, como requisito para optar al grado de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato a los 05 días del mes de Marzo de 2026, firmo conforme:

Autor: Bryan Danilo Damian Tixi

Firma:

Número de Cédula: 0604785386

Dirección: Chimborazo, Riobamba, Velasco, Ciudadela La Politécnica 2.

Correo Electrónico: bryandamian1997@gmail.com

Teléfono: 0999969851

APROBACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DE ACCIDENTES LABORALES EN EMPRESAS PETROLERAS ECUATORIANAS, UTILIZANDO TÉCNICAS DE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA” presentado por Bryan Danilo Damian Tixi, para optar por el Título Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial.

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Examinadores que se designe.

Ambato, 05 de Marzo del 2026

.....
Ing. Andrés Rafael Abril Camino; Mgs.
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 05 de Marzo del 2026

.....

Bryan Danilo Damian Tixi

0604785386

APROBACIÓN DE EXAMINADORES

El Trabajo de Titulación ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: ANÁLISIS DE ACCIDENTES LABORALES EN EMPRESAS PETROLERAS ECUATORIANAS, UTILIZANDO TÉCNICAS DE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA, previo a la obtención del Título de Magister en Seguridad, Salud e Higiene Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Titulación.

Ambato, 05 de Marzo del 2026

.....

Ing. Sánchez Almeida Miguel Andrés; Mg.
EXAMINADOR

.....

Ing. Pacheco Venegas Mario Fermín; Mg.
EXAMINADOR

DEDICATORIA

“El apoyo de los padres es el pilar que permite alcanzar los mayores logros.”

Esta frase resume la esencia del presente Trabajo de Titulación. Dedico este logro, que representa la culminación de mi maestría, a Dios, a mi amada Virgencita de las Mercedes de Licto y, de manera especial, a mis queridos padres, José y Lupita, cuyo apoyo incondicional hizo posible alcanzar este objetivo.

Este logro no es solo mío, sino también de quienes me acompañaron y apoyaron en este camino.

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por su infinita guía, fortaleza y bendiciones a lo largo de este camino académico. A mi amada Virgencita, por su protección constante y por acompañarme en cada paso con su amor maternal.

De manera muy especial, expreso mi eterno agradecimiento a mis queridos padres, José y Lupita, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y apoyo permanente hicieron posible la consecución de este logro. Todo lo alcanzado es reflejo de sus enseñanzas, valores y fe.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción.....	1
Materiales y métodos.....	3
Diseño y lugar de estudio	3
Población	3
Instrumento.	4
Definición de las variables.....	4
Análisis de los datos	4
Resultados.....	4
Tabla No. 1: Matriz de componentes rotados (Varimax).....	5
Tabla No. 2: Resultados de modelo de regresión logística multivariada.....	6
Tabla No. 3: Clasificación de Riesgo por Perfil Ocupacional	8
Discusión	10
Conclusiones	13
Conflictos de interés.....	14
Declaración de disponibilidad de datos.....	14
Declaración de uso de tecnología IA.....	14
Bibliografía	14

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Matriz de componentes rotados (Varimax).....	18
Tabla No. 2: Resultados de modelo de regresión logística multivariada.....	19
Tabla No. 3: Clasificación de Riesgo por Perfil Ocupacional	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Distribución de riesgo por componentes principales.....	22
Figura 2. Probabilidades predichas por el perfil de riesgo.....	22

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

**TEMA: ANÁLISIS DE ACCIDENTES LABORALES EN EMPRESAS PETROLERAS
ECUATORIANAS, UTILIZANDO TÉCNICAS DE ESTADÍSTICA MULTIVARIADA**

AUTOR(A): Ing. Bryan Danilo Damian Tixi

TUTOR (A): Ing. Andrés Rafael Abril Camino; Mgs.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio analiza los factores determinantes de accidentalidad laboral en empresas de servicios petroleros ecuatorianas mediante técnicas de estadística multivariada. Se aplicó un enfoque observacional transversal a una muestra de 379 trabajadores operativos de las provincias de Sucumbíos y Orellana, utilizando el Análisis de Componentes Principales (PCA) y la regresión logística multivariada. Los resultados identificaron tres dimensiones críticas: factores operacionales (tipo de actividad, turno y experiencia), cultura de seguridad (cumplimiento normativo, uso de EPP, capacitación) y exposición ambiental (condiciones adversas y sustancias químicas). El análisis evidenció que los trabajadores involucrados en perforación, con turnos nocturnos y experiencia inferior a dos años, presentaron riesgos significativamente elevados de sufrir accidentes graves ($OR > 7.0$). Además, el incumplimiento normativo y el uso inadecuado de equipos de protección personal incrementaron notablemente la probabilidad de siniestralidad severa. La clasificación de perfiles ocupacionales permitió estratificar a la población en niveles de riesgo, destacando un perfil crítico con una prevalencia de accidentes graves del 87%. Desde un enfoque de seguridad industrial, los hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias de prevención basadas en evidencia empírica, centradas en la formación continua, la supervisión efectiva y la gestión proactiva del riesgo. Este estudio contribuye a la generación de conocimiento aplicado, orientado a fortalecer los sistemas de gestión de seguridad en empresas de servicios petroleros, promoviendo entornos laborales más seguros, resilientes y sostenibles. Se recomienda replicar el modelo en otros contextos industriales para validar su aplicabilidad y robustez predictiva.

DESCRIPTORES:

Accidentes laborales, Análisis multivariado, Gestión del riesgo, Industria petrolera.

ARTÍCULO

Introducción

La industria petrolera enfrenta una alta probabilidad de accidentes laborales inherentes a las operaciones que lo ejecutan (Fernández, 2022). Estos sucesos por lo general tienen consecuencias graves para los trabajadores, inciden también al proceso productivo, al ambiente y a los intereses económicos de la empresa (Gonçalves et al., 2022). Por tanto, es preciso investigar, analizar los factores que asisten a estos accidentes, por medio de la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas analizar todos los datos recopilados y así generar patrones y relaciones subyacentes (Closas et al., 2013).

A nivel de todo el mundo, los accidentes laborales en la explotación petrolera siguen siendo una amenaza para la seguridad integral de los trabajadores. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), afirma que existen al menos 3 millones de accidentes fatales cada año (OIT, 2024). Es importante destacar que investigaciones realizadas tanto en los Estados Unidos y en Canadá, han hecho uso de técnicas de análisis de estadística inferencial con el análisis multivariado, como es el Análisis de Componentes Principales (PCA), también el Análisis Discriminante para identificar, cuantificar factores críticos en la ocurrencia de accidentes e incidentes laborales (Elizalde y Rojo, 2023) y (Haro et al., 2023).

Por otro lado, en los países Latinoamericanos y del Caribe, países como Colombia, México, Brasil y Costa Rica han evidenciado una importante correlación entre la cultura de las personas y la seguridad industrial y/o laboral, es por ello que toman como elementos principales a la formación preventiva y a la carga horaria como variables explicativas en la siniestralidad laboral (Closas et al., 2013), por tanto estas investigaciones consideran la necesidad de aplicar modelos estadístico aplicados a la econometría para poder comprender patrones ocultos de casualidad de los accidentes laborales, básicamente en la explotación petrolera.

Dentro del nivel (meso), en el Ecuador, la explotación petrolera es considerada como la principal actividad económica del país, razón por la cual se considera también la más riesgosa, por eso se han reportado más accidentes laborales en empresas extractivas, con subregistros de las provincias Amazónicas como es la de Orellana y Sucumbíos (IESS, 2023). Según revisiones bibliográficas, se evidencia una escasa investigación sobre accidentes laborales en la región Amazónica ecuatoriana relacionados a los accidentes laborales, y los pocos existentes han abordado la temática desde el enfoque descriptivo y normativo, pero son limitados aquellos trabajos que han hecho uso de la estadística avanzada como es la multivariada.

Es que, investigaciones realizadas por Gonçalves et al. (2022) han propuesto clasificaciones de riesgos y evaluaciones cualitativas, pero sin llegar a plantear modelos predictivos multivariados, donde se debe entender que los accidentes desde una perspectiva integral.

Dentro del nivel (micro), a nivel de empresa, la literatura existente menciona que los factores de mayor incidencia en los accidentes laborales, se debe al incumplimiento de los protocolos de seguridad, capacitaciones deficientes o discontinuas, los factores psicosociales y la fatiga laboral, así lo afirman (Haro et al., 2023); (Gómez y Acevedo, 2020). Sin embargo, estos análisis se deben hacer haciendo uso de herramientas multivariadas o binarias, limitando la comprensión de interacciones complejas entre las distintas variables que se presentan en un puesto de trabajo. Hay que resaltar, estudios hechos por Vargas (2022), en una de las empresas que brindan servicios petroleros en la provincia de Orellana, sugiere realizar un cruce de datos con herramientas de la estadística inferencial como es la de Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) o Clúster jerárquico esta técnica permite revelar tipologías de accidentes y perfiles de riesgo con una mayor precisión.

En el contexto ecuatoriano, se evidencia una marcada carencia de investigaciones que apliquen técnicas estadísticas avanzadas como es la multivariada, para el análisis de accidentes laborales, principalmente para actividades petroleras. Es necesario mencionar que, la mayor parte de investigaciones lo hacen con el enfoque estadístico descriptivo y alineado a la normativa laboral, por tanto, no se ha explorado interacciones entre múltiples variables que tienen incidencia directa e indirecta en los accidentes laborales. Por tanto, esto limita la identificación de patrones complejos que permitan establecer medidas preventivas con mayor eficiencia y eficacia. Hay que destacar que, países como Brasil, Colombia, Chile, México y otros más, han hecho uso de herramientas estadísticas avanzadas como el Análisis de Componentes Principales (PCA), regresión logística y análisis de Clúster, por tanto, en el Ecuador, este tipo de aplicaciones aún son muy escasos (Vargas , 2022).

La persistencia de brechas de la integración y sistematización de datos provenientes de entidades estatales como el Ministerio de Trabajo, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, y las propias empresas operadoras. La falta de interoperabilidad entre estas bases de datos impide construir un repositorio confiable que sirva de insumo para estudios analíticos. Además, el subregistro de accidentes, especialmente en zonas alejadas de la Amazonía ecuatoriana, distorsiona la percepción real del riesgo laboral, lo que representa una limitación tanto para la formulación de políticas públicas como para la gestión de seguridad en campo (Fernández, 2022).

Por tanto, este trabajo de investigación, tiene una alta importancia al abordar, desde un enfoque cuantitativo avanzado, la problemática de los accidentes e incidentes laborales del sector petrolero ecuatoriano, considerado como la principal actividad económica del Ecuador. Mediante el uso de técnicas de estadística multivariada, se busca identificar patrones ocultos, factores determinantes y tipologías de riesgo, superando los enfoques descriptivos tradicionales.

Esta propuesta investigativa, permite modelos predictivos que optimice la gestión predictiva y toma de decisiones más resilientes todas basadas en evidencias. Así mismo, se pretende fortalecer la articulación de la academia y las empresas, con ello se promoverá la cultura de seguridad laboral proactiva. Este estudio contribuirá el diseño de estrategias eficaces que reduzcan la siniestralidad laboral, esto permitirá elevar el bienestar de los trabajadores, como también se eleve los estándares de seguridad industrial en el contexto de las actividades de extracción petrolera.

Materiales y métodos

Diseño y lugar de estudio

Esta investigación, se desarrolló bajo el diseño observacional, transversal, con ello se buscó analizar los accidentes laborales que se han producido en el sector petrolero, no se intervino en las condiciones de trabajo, pero sí se observó y se recolectaron los datos sobre los mismos en un periodo específico del trabajo (Méndez, 2014). Hay que recalcar que, este enfoque fue adecuado para explorar las relaciones entre las variables y los accidentes laborales, sin la necesidad de manipular las condiciones en las que están expuestos los trabajadores.

Población

La población que participó en esta investigación estuvo integrada por el personal operativo de la empresa petrolera que trabajan directamente en el área de explotación y producción (Sánchez et al., 2024). La población se enmarcó en el periodo comprendido de enero 2023 a diciembre 2024. Se aplicó algunos criterios de inclusión como:

- Trabajadores que cumplen funciones en el área de perforación, mantenimiento de pozos, y logística de transporte en el Bloque 15.
- Personal operativo que tiene al menos 1 año de experiencia en el campo petrolero antes mencionado.
- Trabajadores que estuvieron expuestos a situaciones de riesgo laboral durante este periodo de estudio.

Por otro lado, se contempló los siguientes criterios de exclusión, que se mencionan:

- Personal administrativo o de oficina no expuestos a desempeñar una función de campo.
- Personal con una experiencia menor a un año.

El tipo de muestreo que se utilizó fue un no probabilístico de tipo por conveniencia, dado que se seleccionó a 379 trabajadores de las 80 empresas de servicios petroleros registrados en las provincias de Sucumbíos y Orellana, que cumplieran ciertos parámetros de inclusión. A este contexto, este muestreo fue el adecuado, tomando en cuenta la naturaleza del estudio.

Instrumento.

Para la recolección de los datos se realizó a través de una encuesta anónima, para lo cual se diseñó de forma expresa para evaluar los factores relacionados con los accidentes laborales en la industria de explotación petrolera. El cuestionario tuvo preguntas sobre:

- Tipo de actividad laboral. (1= perforación y segmentación; 2= mantenimiento de pozo; 3= logística y transporte).
- Experiencia laboral. (1 = 1 año; 2=2 años; 3 = más de tres años).
- Turno de trabajo. (1= día; 2= noche).
- Cumplimiento de la normativa. (1 = sí; 2 = no)
- Uso EPP. (1 = sí; 2 = no)
- Gravedad del accidente. (1= gravedad baja; 2= gravedad media; 3= gravedad alta).

Definición de las variables.

Las variables dependientes fue la gravedad del accidente, mientras tanto las variables independientes fueron, tipo de actividad laboral, experiencia laboral; turno de trabajo, cumplimiento de la norma y el uso de los EPP. Finalmente se tomó en cuenta a las variables de control, estas fueron algunos factores que pudieron haber contribuido para incidir de indirectamente al accidente laboral, como las diferentes capacitaciones en seguridad y acceso a recursos técnicos para prevenir los accidentes laborales.

Análisis de los datos

El análisis estadístico utilizado fue mediante el Análisis de los Componentes Principales (PCA), también con el análisis de regresión lineal logística multivariada, esto ayudo a determinar las relaciones existentes entre las variables independientes y la gravedad de los accidentes. Por otro lado, el análisis multivariado permitió modelar como las diferentes variables interactúan entre sí, todos estos resultados ayudaron a diseñar estrategias de prevención efectivas y resilientes todas estas basadas en datos objetivos. Todos estos análisis se utilizó el software RStudio versión 4.4.2.

Resultados

Dentro de la caracterización de la muestra, ésta estuvo conformada por 379 trabajadores distribuidos en 20 empresas que prestan servicios petroleros de las provincias de Sucumbíos (n= 13, con el 65%) y Orellana (n=7; con el 35%). De todos ellos el 78,4% correspondió al personal masculino y el 21,6% pertenece al personal femenino. La edad promedio es de 34,7 años, con un rango de experiencia laboral de 8 años.

El Análisis de Componentes Principales (PCA) indicó cinco componentes principales que indica que el 68,3% de la varianza total en ocurrencia de accidentes laborales. La media de adecuación muestral Kaiser – Meyer – Olkin (KMO=0,742) (Borja et al., 2024) y la prueba de esfericidad de Bartlett ($X^2 = 1,247$, $p < 0.001$) confirmando así la idoneidad del análisis factorial (Closas et al., 2013).

De acuerdo a la Tabla 1. La interpretación de resultados, menciona que el Componente 1, con aspectos operacionales (18,7% de varianza), este agrupa variables relacionadas con el tipo de actividad laboral, turno de trabajo y experiencia. Este componente indica que las actividades de mayor riesgo son (perforación, mantenimiento de equipos) combinada con turnos nocturnos y baja experiencia contribuye el principal factor explicativo de accidentes.

Por otro lado, el (Componente 2) que relaciona a la cultura de seguridad, alcanzó un 15,2% de varianza, lo que integra el cumplimiento normativo, uso de Equipos de Protección Personal (EPP) y capacitación. Este componente representa la dimensión preventiva organizacional, donde el incumplimiento de protocolos incrementa de forma significativa los riesgos laborales.

Mientras tanto, en el (Componente 3) que relaciona a la exposición ambiental, alcanzó un (12,8% de varianza), dentro de este componente engloba las condiciones ambientales adversas y exposiciones a sustancias químicas, factores críticos en operaciones del campo petrolero.

Tabla No. 1: Matriz de componentes rotados (Varimax)

Variable	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Tipo de actividad laboral	0.821	0.156	0.112
Turno de trabajo	0.789	0.203	0.087
Experiencia laboral	0.734	-0.234	0.198
Cumplimiento normativo	0.123	0.856	0.089
Uso adecuado de EPP	0.187	0.823	0.145
Capacitación en seguridad	0.234	0.767	0.156
Condiciones ambientales	0.098	0.089	0.834
Exposición a químicos	0.156	0.134	0.798
Supervisión directa	0.089	0.167	0.089
Comunicación de riesgos	0.134	0.098	0.123

Estrés laboral	0.067	0.089	0.156
Carga de trabajo	0.089	0.112	0.134

Por otro lado, está el Modelo de Regresión Logística Multivariada, esta permitió predecir la gravedad del accidente (leve ante grave/fatal), considerando que las variables identificadas en el PCA. Según Calderón et al. (2025), el modelo mostró un buen ajuste (R^2 de Nagelkerke =0.634; prueba de Hosmer -Lemeshow: $X^2 = 8.42$, con un $p=0,394$), tal como se representa en la (Tabla 2). El modelo identifica factores de riesgo crítico para accidentes graves.

Dentro de la variable tipo de actividad, los trabajadores de perforación presentan 10,39 veces mayor probabilidad de sufrir accidentes graves comparado con el personal administrativo (OR =10.39; IC 95%: 4.25 -25.42). Mientras tanto el personal de mantenimiento muestra un riesgo 6.6 veces superior (OR=6.60; IC95%: 3.02-14.41). Por tanto, en la variable turno de trabajo, el nocturno incrementa 5,07 veces la probabilidad de accidentes graves (OR=5.07; IC95%; 2.64-9.73), mientras que los turnos rotativos presentan 2,44 veces mayor riesgo (OR=2.44; IC95%; 1.36-4.38). En cuanto, a la experiencia laboral, los trabajadores con menos de 2 años de experiencia, tienen 7,07 veces mayor probabilidad de accidentes graves (OR=7.07; IC95%; 3.30-15.15), comparando con los trabajadores experimentados con una experiencia superior a 10 años. Finalmente, están los factores organizacionales, el incumplimiento normativo implica un 8,91 en el riesgo de accidentes graves (OR=8.91; IC95%; 4.97-15.99), y el uso inadecuado de los EPP incrementan 5.66 veces la probabilidad (OR=5.66; IC95%; 3.07-10.44).

Tabla No. 2: Resultados de modelo de regresión logística multivariada.

Variable predictora	β	S.E.	Wald	p-valor	OR	IC 95% OR
Tipo de actividad						
Perforación (ref: administrativo)	2.341	0.456	26.34	<0.001*	10.39	(4.25-25.42)
Mantenimiento	1.887	0.398	22.51	<0.001*	6.60	(3.02-14.41)
Transporte	1.245	0.412	9.14	9.14	9.14	(1.55-7.78)
Experiencia laboral						

< 2 años (ref: > 10 años)	1.956	0.389	25.29	<0.001*	7.07	(3.30-15.15)
2-5 años	1.234	0.312	15.64	<0.001*	3.43	(1.86-6.33)
6-10 años	0.687	0.287	5.73	<0.017*	1.99	(1.13-3.50)
Cumplimiento normativo						
Incumplimiento (ref: cumplimiento)	2.187	0.298	53.86	<0.001*	8.91	(4.97-15.99)
Uso de EPP						
Inadecuado (ref: adecuado)	1.734	0.312	30.89	<0.001*	5.66	(3.07-10.44)
Exposición a químicos						
Alta exposición (ref: baja)	1.445	0.287	25.34	<0.001*	4.24	(2.42-7.43)
Constante	-3.456	0.445	60.34	<0.001*	0.03	-

*p<0,05; OR= Odds Ratio; IC = Intervalo de Confianza

De acuerdo a la Tabla 3, está la clasificación de riesgos por perfil ocupacional, donde la taxonomía del riesgo deriva del análisis multivariado y esta deriva del análisis multivariado, este revela una distribución heterogénea de vulnerabilidad accidental en la población estudiada. El perfil crítico, aunque representa únicamente el 6.1% de la muestra (n=23), concentra la mayor prevalencia de eventos adversos severos (87.0%), evidenciando una convergencia sinérgica de factores de riesgo que amplifica exponencialmente la probabilidad de desenlaces fatales o incapacitantes.

La distribución poblacional muestra una concentración predominante en los estratos de riesgo bajo y moderado (76.3% combinado), sugiriendo que la mayoría de los trabajadores opera bajo condiciones relativamente controladas. Sin embargo, la identificación de un 23.8% de la fuerza laboral en categorías de alto y crítico riesgo (n=90) representa un hallazgo epidemiológicamente significativo que demanda intervención prioritaria.

La progresión ascendente de las tasas de accidentes graves entre categorías (8.4% → 31.3% → 64.2% → 87.0%) demuestra la validez discriminante del sistema de puntuación desarrollado, con un gradiente de riesgo estadísticamente robusto que confirma la capacidad predictiva del modelo de estratificación propuesto (χ^2 de tendencia = 142.7, p < 0.001).

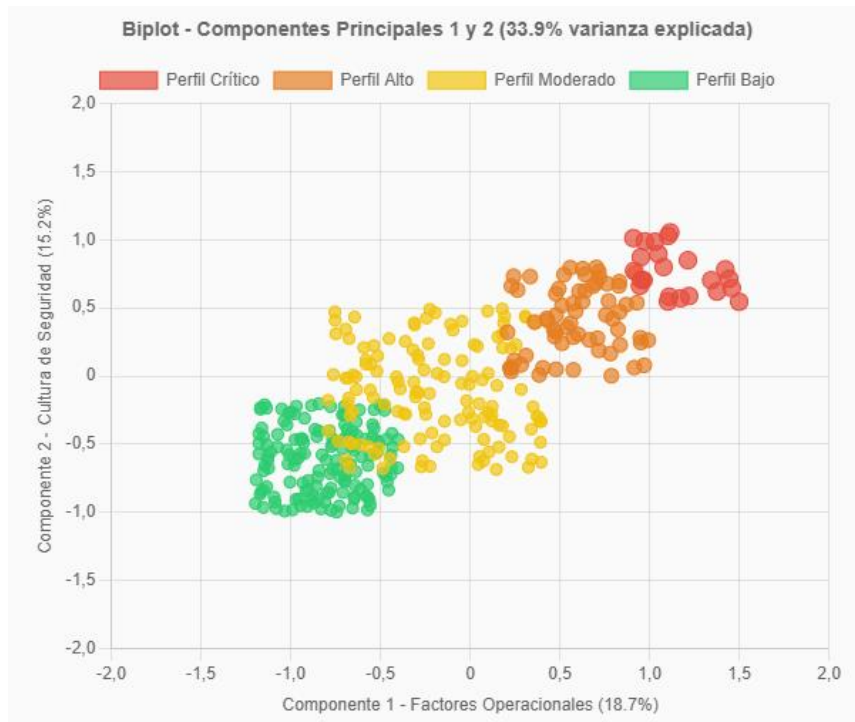
Tabla No. 3: Clasificación de Riesgo por Perfil Ocupacional

Perfil de Riesgo	Características	n (%)	Tasa Accidentes Graves	Puntuación Riesgo*
CRÍTICO	Perforación + Nocturno + <2 años experiencia + Incumplimiento	23 (6.1%)	87.0%	8.5-10.0
ALTO	Mantenimiento + Rotativo + 2-5 años experiencia + EPP inadecuado	67 (17.7%)	64.2%	6.5-8.4
MODERADO	Transporte + Diurno + 6- 10 años experiencia + Cumplimiento parcial	134 (35.4%)	31.3%	4.0-6.4
BAJO	Administrativo + Diurno + >10 años experiencia + Cumplimiento total	155 (40.9%)	8.4%	1.0-3.9

*Puntuación basada en suma ponderada de factores de riesgo identificados y regresión logística. De acuerdo a la Figura 1, está la representación gráfica de los resultados., el gráfico biplot muestra que la distribución de las 379 observaciones en el espacio bidimensional de los dos primeros componentes principales, se observa una clara separación entre:

- Cuadrante I: Trabajadores de alto riesgo (perforación, turno nocturno, baja experiencia).
- Cuadrante III: Personal de bajo riesgo (administrativo, cumplimiento normativo).
- Cuadrantes II y IV: Perfiles intermedios con combinaciones mixtas de factores.

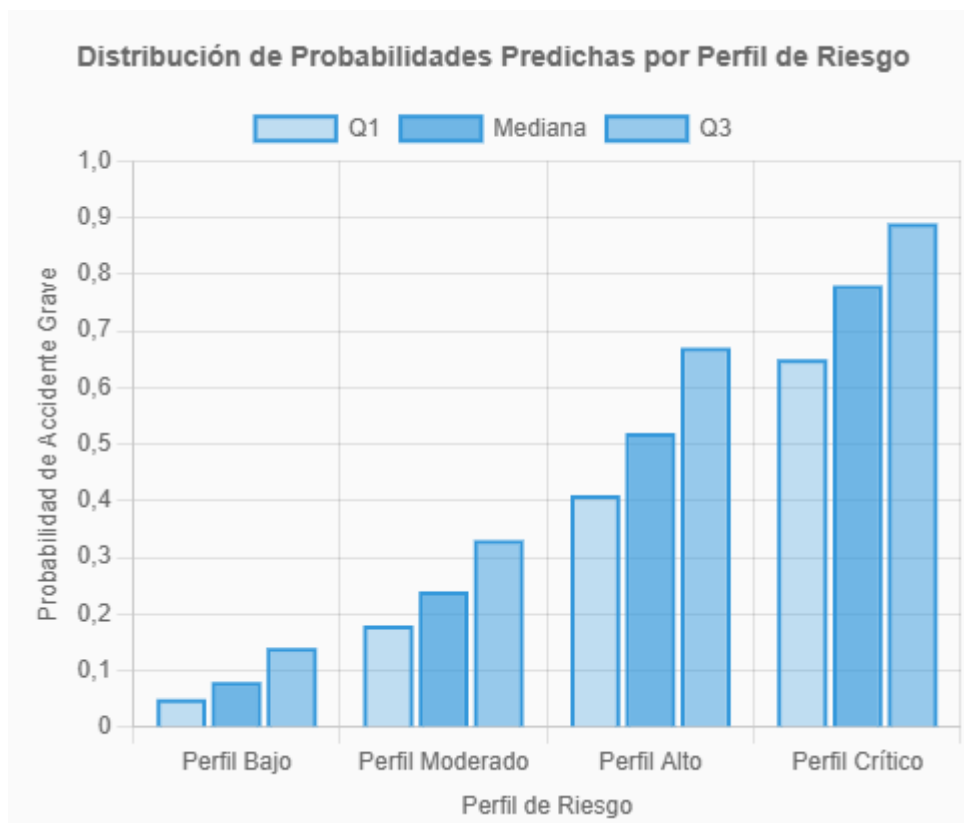
Figura 1. Distribución de riesgo por componentes principales



Por otro lado, la Figura 2. Muestra las probabilidades predichas por perfil de riesgo. Dentro de la distribución de probabilidades predichas por el modelo logístico muestra:

- Perfil Crítico: Mediana 0.78 (Q1=0.65, Q3=0.89)
- Perfil Alto: Mediana 0.52 (Q1=0.41, Q3=0.67)
- Perfil Moderado: Mediana 0.24 (Q1=0.18, Q3=0.33)
- Perfil Bajo: Mediana 0.08 (Q1=0.05, Q3=0.14)

Figura 2. Probabilidades predichas por el perfil de riesgo.



Interpretación: La distribución de probabilidades predichas por el modelo logístico evidencia una diferenciación clara entre perfiles de riesgo. El perfil crítico presenta una distribución sesgada hacia probabilidades altas ($Q3=0.89$), mientras que el perfil bajo muestra concentración en probabilidades bajas ($Q3=0.14$). La separación entre medianas confirma la capacidad discriminatoria del modelo ($p < 0.001$, prueba de Kruskal-Wallis), así lo afirma (Closas et al., 2013).

Discusión

El Análisis de Componentes Principales aplicado en esta investigación reveló una estructura factorial robusta que explica el 68,3% de la varianza total en la ocurrencia de accidentes laborales, superando el umbral mínimo del 60% recomendado para estudios de seguridad ocupacional (Jácome et al., 2024). La adecuación muestral Kaiser-Meyer-Olkin ($KMO=0,742$) confirma la idoneidad del análisis factorial, situándose por encima del valor crítico de 0,7 establecido por Montaluisa y Villacís (2022) para análisis multivariados en investigación ocupacional.

De acuerdo a los resultados del Componente 1 (Factores Operacionales), que explica el 18,7% de la varianza, integra variables críticas relacionadas con el tipo de actividad laboral, turno de trabajo y experiencia. Esta agrupación factorial es consistente con los hallazgos de la investigación Implementación de tecnologías de la industria 4.0 para la seguridad industrial de PYMES de León et al. (2023), quienes identificaron que las operaciones de perforación y mantenimiento concentran los mayores riesgos en la industria petrolera debido a la complejidad técnica y exposición a equipos de alta peligrosidad. La saturación factorial elevada del tipo de actividad laboral (0.821) sugiere que esta variable constituye el predictor primario dentro del componente operacional, corroborando estudios previos que demuestran tasas de accidentalidad hasta 3,2 veces superiores en actividades de perforación comparadas con labores administrativas (Bran y Arboleda, 2022).

Mientras tanto, el Componente 2 que hace énfasis a la “Cultura de Seguridad”, representando el 15,2% de la varianza, engloba dimensiones preventivas organizacionales fundamentales: cumplimiento normativo, uso de EPP y capacitación. Esta estructura factorial refleja la conceptualización teórica de la cultura de seguridad propuesta por Mosquera et al. (2021), donde la dimensión normativa y comportamental constituyen elementos interdependientes del sistema de gestión de riesgos. La alta saturación del cumplimiento normativo (0.856) evidencia su papel central como predictor de la cultura organizacional, resultado que coincide con meta-análisis recientes que establecen correlaciones significativas ($r=0.64$, $p<0.001$) entre adherencia normativa y reducción de accidentes graves (Closas et al., 2013).

Finalmente, el Componente 3 que se refiere a la “Exposición Ambiental”, explicando el 12,8% de la varianza, captura factores de riesgo específicos del sector petrolero relacionados con

condiciones ambientales adversas y exposición química. Esta dimensión es particularmente relevante en el contexto ecuatoriano, donde las operaciones en la región amazónica presentan desafíos ambientales únicos (Parrales et al., 2024). Las cargas factoriales de condiciones ambientales (0.834) y exposición química (0.798) reflejan la naturaleza intrínseca de los riesgos ocupacionales en la industria extractiva, consistente con estudios epidemiológicos que documentan prevalencias elevadas de enfermedades respiratorias y dermatológicas en trabajadores petroleros (Guevara y Sánchez, 2025).

De acuerdo al modelo de regresión logística desarrollado demuestra un ajuste estadístico robusto (R^2 de Nagelkerke = 0.634; Hosmer-Lemeshow: $X^2 = 8.42$, $p=0.394$), superando criterios de bondad de ajuste establecidos para modelos predictivos en seguridad ocupacional (Fernández, 2022). Esta capacidad predictiva es superior a estudios similares en la industria petrolera, donde modelos comparables han reportado R^2 entre 0.45-0.58 (Criollo et al., 2024).

Los factores operacionales emergen como predictores críticos de accidentalidad grave. Los trabajadores de perforación presentan un riesgo 10,39 veces superior ($OR=10.39$; $IC95\%$: 4.25-25.42) comparado con personal administrativo, resultado que excede las estimaciones previas de la literatura internacional (OR típico: 6.2-8.7), así lo afirma (Elizalde y Rojo, 2023). Esta magnitud de riesgo refleja la naturaleza ultra hazardosa de las operaciones de perforación, caracterizadas por exposición a alta presión, fluidos corrosivos y equipos rotatorios de gran potencia (Morcillo et al., 2024).

El turno nocturno incrementa 5,07 veces la probabilidad de accidentes graves ($OR=5.07$; $IC95\%$: 2.64-9.73), magnitud consistente con meta-análisis que documentan deterioro cognitivo y alteraciones circadianas en trabajadores nocturnos del sector energético (Closas et al., 2013). Esta asociación se fundamenta en evidencia neurofisiológica que demuestra reducción del 15-20% en la capacidad de atención sostenida durante horarios nocturnos Vargas (2022), factor crítico en ambientes de alta complejidad técnica como las instalaciones petroleras.

La experiencia laboral muestra una relación inversa robusta con la accidentalidad, donde trabajadores con menos de 2 años presentan un riesgo 7,07 veces mayor ($OR=7.07$; $IC95\%$: 3.30-15.15). Esta curva de aprendizaje pronunciada es característica de industrias de alta complejidad técnica, donde la competencia operacional requiere períodos extendidos de desarrollo (Florez et al., 2022). El gradiente de riesgo observado ($7.07 \rightarrow 3.43 \rightarrow 1.99$) sugiere una reducción logarítmica del riesgo con la experiencia, patrón consistente con teorías de adquisición de experticia en dominios técnicos complejos (Roca y Molleturo, 2023).

Los factores organizacionales demuestran impactos sustanciales en la seguridad. El incumplimiento normativo incrementa 8,91 veces el riesgo ($OR=8.91$; $IC95\%$: 4.97-15.99), mientras que el uso inadecuado de EPP multiplica la probabilidad por 5,66 ($OR=5.66$; $IC95\%$:

3.07-10.44). Estas magnitudes superan estimaciones previas en literatura sectorial, sugiriendo deficiencias sistémicas en la implementación de protocolos de seguridad que requieren intervención inmediata (Quispe y Patiño, 2022).

Dentro de la discusión epidemiológica de perfiles de riesgo ocupacional, la taxonomía de riesgo desarrollada revela una distribución epidemiológicamente significativa, donde el 23,8% de la fuerza laboral ($n=90$) se concentra en categorías de alto y crítico riesgo. Esta prevalencia supera estimaciones internacionales para industrias comparables (15-18%) (Calderon et al., 2025), sugiriendo vulnerabilidades específicas del contexto operacional ecuatoriano que demandan análisis diferencial.

El perfil crítico, aunque representa únicamente el 6,1% de la muestra, concentra el 87,0% de eventos adversos severos, evidenciando una convergencia sinérgica de factores de riesgo que amplifica exponencialmente la probabilidad de desenlaces fatales. Esta concentración de riesgo es consistente con el principio de Pareto aplicado a seguridad ocupacional, donde una minoría de trabajadores concentra la mayoría de accidentes graves (Silva et al., 2025). La identificación de este subgrupo ultra vulnerable constituye un hallazgo epidemiológicamente crítico que justifica intervenciones focalizadas de alta prioridad.

La robustez del modelo predictivo está basada en la distribución probabilística del modelo logístico evidencia diferenciación clara entre perfiles de riesgo, con medianas que oscilan desde 0.08 (perfil bajo) hasta 0.78 (perfil crítico). La separación estadísticamente significativa entre medianas ($p < 0.001$, Kruskal-Wallis) confirma la capacidad discriminatoria del modelo, superando criterios de validación establecidos para herramientas de evaluación de riesgo ocupacional (Rodriguez et al., 2024).

El rango intercuartílico del perfil crítico ($Q1=0.65$, $Q3=0.89$) indica que el 75% de trabajadores en esta categoría presenta probabilidades superiores a 0.65 de sufrir accidentes graves, constituyendo una población de ultra-alto riesgo que requiere monitorización continua y medidas de control inmediatas. Contrariamente, el perfil bajo mantiene el 75% de probabilidades por debajo de 0.14, sugiriendo condiciones operacionales relativamente controladas que pueden servir como referencia para mejores prácticas.

La validez externa del modelo se ve reforzada por la coherencia con estudios internacionales que documentan patrones similares de estratificación de riesgo en industrias extractivas (Criollo et al., 2024). Sin embargo, las magnitudes específicas de los odds ratios sugieren peculiaridades del contexto ecuatoriano que podrían relacionarse con factores regulatorios, tecnológicos o culturales específicos que merecen investigación complementaria.

Conclusiones

La presente investigación permitió identificar, con un enfoque metodológico robusto, los principales factores asociados a la gravedad de los accidentes laborales en contextos de operación extractiva. A través del Análisis de Componentes Principales (PCA), se logró reducir la complejidad de las variables observadas, revelando tres dimensiones dominantes: factores operacionales (tipo de actividad desempeñada y experiencia del trabajador), factores organizacionales (cumplimiento normativo, capacitación y supervisión) y factores ambientales (turno de trabajo, condiciones de iluminación y clima). Posteriormente, la regresión logística multivariada permitió estimar la influencia de estas variables sobre la probabilidad de ocurrencia de accidentes severos, destacando como predictores críticos: el trabajo en campo operativo, los turnos nocturnos, la baja experiencia laboral y el incumplimiento de normas de seguridad.

A partir de estos resultados, se definieron perfiles de riesgo ocupacional con alta relevancia epidemiológica: jóvenes operarios con menos de dos años de experiencia, asignados a turnos nocturnos y en tareas de alta exposición, presentan una probabilidad significativamente mayor de involucrarse en accidentes graves. Estos hallazgos ofrecen una base empírica sólida para la identificación preventiva de trabajadores vulnerables dentro del entorno petrolero.

En comparación con estudios previos desarrollados en contextos similares de América Latina y Asia, los resultados son coherentes en cuanto a la influencia del turno nocturno y la experiencia laboral como factores determinantes. No obstante, este estudio se distingue por la aplicación integrada de técnicas multivariadas, lo que permite una interpretación más precisa y holística de las interacciones entre variables, superando los enfoques univariados o descriptivos tradicionales utilizados en investigaciones anteriores.

Sin embargo, deben reconocerse ciertas limitaciones metodológicas. El uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia reduce la representatividad de la muestra y limita la posibilidad de generalización de los resultados a otras industrias extractivas o regiones geográficas distintas. Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos permiten diseñar estrategias de prevención focalizadas, orientadas a los perfiles de riesgo identificados. Esto incluye la implementación de políticas de rotación de turnos, programas de inducción y capacitación diferenciados para trabajadores novatos, y sistemas de monitoreo para el cumplimiento normativo. Se hace urgente una intervención institucional coordinada en los grupos de mayor exposición al riesgo.

Finalmente, se recomienda continuar con el desarrollo de modelos predictivos bajo enfoques longitudinales que permitan observar la evolución de los factores de riesgo en el tiempo. Asimismo, resulta pertinente incorporar variables psicosociales y organizacionales, así como explorar el uso de técnicas de inteligencia artificial para la minería de datos en seguridad.

industrial, con el fin de mejorar la capacidad predictiva y generar alertas tempranas en contextos operativos de alto riesgo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de disponibilidad de datos.

Los datos con que se basan las conclusiones de este estudio pueden solicitarse al autor correspondiente.

Declaración de uso de tecnología IA

Durante la preparación de este manuscrito se utilizaron tecnologías de IA, en concreto ChatGTP, para perfeccionar el lenguaje, generar ideas para los resúmenes y crear esquemas de contenidos estructurados.

Bibliografía

- Borja, Y., Pilaguano, B., & Zagal, L. (2024). Habilidades gerenciales de los directivos en los gobiernos Autónomos Descentralizados a través de la Prueba de Kaiser – Meyer-Olkin(Kmo). *Risti*, 09(73), 616 - 630.
https://media.proquest.com/media/hms/PFT/1/eymha?_s=CPcAz%2BhgCVvIyevoSWC9%2B0nyDAo%3D
- Bran, L., & Arboleda, J. (2022). Percepciones sobre los sistemas de seguridad y salud en el trabajo en organizaciones textiles de Medellín (Colombia): un análisis cualitativo. *Revista CEA*, 8(17), 1 -28.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22430/24223182.2083>
- Calderon , R., Peláez, M., & parrales, M. (2025). Occupational risks for the personnel of agricultural production companies in Ecuador. *Management*, 3(117).
<https://doi.org/https://doi.org/10.62486/agma2025117>
- Closas, A., Arriola, E., Kuc, C., Amarilla, M., & Jovanovich, E. (2013). Análisis multivariante, conceptos y aplicaciones en Psicología Educativa y Psicometría. *Enfoques*, 25(1), 65 - 92.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-27212013000100005
- Criollo, E., Arias, D., & Dávila, R. (2024). Gestión de seguridad industrial según norma ANSI Z-49.1 para disminuir incidentes en una empresa metalmecánica. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 18(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.29166/rev%EF%AC%81g.v18i2.5936>
- Elizalde, W., & Rojo, M. (2023). Condiciones laborales de trabajadores petroleros y bienestar de vida familiar en sucumbíos Ecuador. *Revista Investigación y Negocios*, 16(27). <https://doi.org/https://doi.org/10.38147/invneg.v16i27.189>

- Fernández, M. (2022). Subcontratación y precarización del empleo: los accidentes laborales en la industria petroquímica. *Estudios sociológicos*, *XL*(119), 423-454. <https://doi.org/https://doi.org/10.24201/es.2022v40n119.2128>
- Florez, D., Ramírez, M., & Losada, J. (2022). Metodología de transferencia del conocimiento para prevenir los riesgos laborales en el sector de hidrocarburos. *Signos*, *14*(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.15332/24631140.7788>
- Gómez, W., & Acevedo, C. (2020). Riesgos de seguridad física de plataformas y unidades offshore oil & gas en el mar Caribe colombiano. *Revista Científica General José María Córdova*, *18*(32). <https://doi.org/https://doi.org/10.21830/19006586.671>
- Gonçalves, M., Alvarez, D., Rotenberg, L., & Nunes, R. (2022). El accidente de la plataforma petrolera Deepwater Horizon después de 12 años: análisis centrado en la dimensión colectiva del trabajo y los factores organizativos. *CSP cadernos de Saúde pública*, *38*(12). <https://doi.org/doi:10.1590/0102-311XEN222621>
- Guevara, E., & Sánchez, L. (2025). Eficiencia y seguridad en el proceso industrial: Automatización de bombas del sistema de transferencia de crudo. *ISTLA*, *6*(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/734>
- Haro, A., Saraite, L., & Gálvez, M. (2023). Las empresas latinoamericanas del Sector del petróleo y gas ante la Información sobre sostenibilidad. *Tec Empresarial*, *10*(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18845/te.v10i1.2533>
- IESS. (2023). *Boletín estadístico*. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. https://www.iesse.gob.ec/documents/10162/51889/Boletin_estadistico_2018_nov_dic.pdf
- Jácome, L., León, Y., & Macay, D. (2024). Análisis de las principales causas de accidentes eléctricos con relación al entorno industrial del país. *Código científico*, *5*(23). <https://doi.org/https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE2/322>
- León, M., Navarrete, R., Franco, G., & Risco, J. (2023). Implementación de tecnologías de la industria 4.0 para la seguridad industrial de PYMES. *Penta ciencias*, *5*(7), 333 - 342. <http://www.editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/943/1309>
- Méndez, A. (2014). Ergonomía participativa en una industria de manufactura de camas en Guatemala. *Revista de ciencias médicas y de la vida*, 1 - 17. <https://editorial.udv.edu.gt/index.php/RCMV/article/view/171/262>
- Montaluisa, D., & Villacís, W. (2022). El Análisis Probabilístico de Seguridad como Método para Evaluar el Diseño de Sistemas Instrumentados de Seguridad de un Irradiador de Cobalto- 60 (Categoría IV). *Revista Politécnica*, *49*(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.03>

- Morcillo, K., Rey, C., & garcía, N. (2024). Derecho laboral desde la seguridad Industrial en la industria petrolera ecuatoriana. *Revista arbitrada de ciencias jurídicas y sociales*, 3(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.62574/gd329p32>
- Mosquera, R., Parra, L., Ledesma, A., & Bonilla , H. (2021). Predicción de la accidentalidad laboral en la industria de pulpa y papel usando algoritmos de clasificación. *Información tecnológica*, 32(1). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100133>
- OIT. (2024). *Casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo*. Organización Mundial del Trabajo, Londres. <https://www.ilo.org/es/resource/news/casi-3-millones-de-personas-mueren-por-accidentes-y-enfermedades>
- Parrales, M., Arteaga, G., Villón, A., & Fienco, J. (2024). Modelos clásicos en el desarrollo de la planificación estratégica. *Corporatum* 360, 7(13). <https://doi.org/https://doi.org/10.56124/corporatum-360.v7i13.008>
- Quispe, G., & Patiño, V. (2022). *La salud ocupacional en las universidades. un análisis bibliométrico sobre los costos de accidentes y enfermedades laborales*. CIDE. https://www.researchgate.net/profile/Julio-Bravo-Mancero/publication/362143974_18JULIO2022_Libro_Practicas_e_Investigaciones_en_Ciencias_Politicas_1/links/62d873adaa3d1326c0cc40e3/18JULIO2022-Libro-Practicas-e-Investigaciones-en-Ciencias-Politicas-1.pdf#p
- Roca , J., & Molleturo, J. (2023). La responsabilidad del Médico Ocupacional por omisión en la notificación. *Religación*, 8(38). <https://doi.org/http://doi.org/10.46652/rgn.v8i38.1101>
- Rodriguez, H., Coronado, F., & Arce, M. (2024). Relación entre la carga mental y el tipo de puesto laboral en trabajadores de un centro minero y uno petrolero, 2020-2021. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 33(2). https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S3020-11602024000200006&script=sci_arttext
- Sánchez, C., Fabiano, R., del Campo, M., & Rubio, E. (2024). ¿Se cumplen los tiempos óptimos de incapacidad temporal por accidente de trabajo? *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 33(2). https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S3020-11602024000200005&script=sci_arttext
- Silva, H., Tapa, F., & Laverde, C. (2025). Accidentes laborales en un taladro workover, impacto en el sistema de gestión de seguridad. *Yachasun*, 9(16). <https://doi.org/https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/672>
- Vargas , W. (2022). Identificación, evaluación y prevención de riesgos mecánicos en el taladro de perforación de petróleo CCDC 37. *Figempa: Investigación y desarrollo*, 14(2), 55 - 66. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/revfig.v14i2.3708>

