

Recaudación fiscal e incidentes laborales en la minería peruana: un análisis de asociación (2015–2024)

Fiscal Revenue and Workplace Incidents in Peru's Mining Sector: An Association Analysis (2015–2024)

Katherin R. SOLANO-VERGARAY¹

Víctor A. YUPANQUI-CHIARELLA²

Nancy M. CÁRDENAS-GOYENA³

¹ Universidad de San Martín de Porres, Perú. E-mail: katherin_solano@usmp.pe ORCID: 0000-0001-7566-8775

² Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. E-mail: victor.yupanqui@unmsm.edu.pe ORCID: 0000-0002-3579-7131

³ Universidad de San Martín de Porres, Perú. E-mail: ncardenasg@usmp.pe ORCID: 0000-0003-0297-2359

RESUMEN

Estudio ecológico longitudinal con 120 observaciones mensuales (2015–2024) que evaluó la asociación entre recaudación fiscal minera e incidentalidad laboral en el Perú. Aunque una hipótesis procíclica anticiparía mayor incidentalidad en fases expansivas, se halló una correlación inversa significativa en incidentes absolutos ($\rho = -0,490$) y tasa ajustada por exposición ($\rho = -0,563$), persistente en rezagos y tras ajuste por horas-hombre. Los hallazgos sugieren una señal macrosectorial no causal.

Palabras clave: minería, seguridad laboral, recaudación fiscal, incidentes laborales, Perú.

ABSTRACT

This longitudinal ecological study used 120 monthly observations (2015–2024) to assess the association between mining fiscal revenue and workplace incidents in Peru. Although a procyclical hypothesis would anticipate higher incident rates during expansion, significant inverse correlations were found for absolute incidents ($\rho = -0.490$) and the exposure-adjusted rate ($\rho = -0.563$), persisting across lags and after adjustment for man-hours. Findings suggest a non-causal macrosectoral signal.

Keywords: mining, occupational safety, fiscal revenue, workplace incidents, Peru.

Recibido: 04/05/2026

Aprobado: 18/06/2026

Publicado: 30/07/2026

1. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad estratégica para la economía global, pero también uno de los sectores con mayor riesgo ocupacional. Aunque concentra menos del 1 % de la fuerza laboral mundial, se ha estimado que aporta cerca del 8 % de los accidentes laborales fatales, lo que evidencia una carga desproporcionada de siniestralidad (Baraza et al., 2023; Quiroz et al., 2023). Sus consecuencias trascienden el daño individual, pues las lesiones y enfermedades ocupacionales generan costos sociales, productivos y económicos relevantes, estimados entre el 1 % y el 3 % del producto interno bruto en distintos países (Leich et al., 1992, como se cita en Hermanus, 2007). Pese a los avances regulatorios y tecnológicos, la seguridad minera continúa siendo un desafío prioritario para la gestión pública y empresarial (Stemn, 2019).

Una línea relevante de investigación ha examinado la relación entre desempeño económico y seguridad laboral. Desde una perspectiva macroeconómica, la expansión de la actividad productiva puede incrementar la exposición, la presión operativa y, con ello, la probabilidad de accidentes o incidentes (Boone & van Ours, 2006; Fernández-Muñiz et al., 2017; Marrocco et al., 2025). Este patrón también ha sido descrito en minería, donde el crecimiento sectorial puede asociarse con mayor intensidad operativa y mayores exigencias sobre los sistemas de control preventivo (Stemn, 2019). Sin embargo, la evidencia empresarial sugiere que las operaciones con mejor desempeño financiero cuentan con más recursos para prevención, supervisión, capacitación y tecnología, lo cual se asocia positivamente con los indicadores de seguridad ocupacional (Asfaw et al., 2012; Bautista-Bernal et al., 2024; Moon et al., 2025).

En América Latina, esta relación adquiere especial relevancia debido al peso económico de la minería y a las brechas persistentes en regulación, fiscalización y gestión preventiva. En el Perú, el sector minero representa una proporción sustantiva del producto bruto interno, de las exportaciones y de los ingresos fiscales, pero su desempeño está expuesto a la volatilidad de los precios internacionales de los metales y a ciclos de expansión y contracción productiva (Nava et al., 2025; Sánchez & Carrasco, 2023). En este contexto, la recaudación fiscal minera puede entenderse como un indicador agregado del dinamismo económico formal del sector, aunque no como una medida directa de rentabilidad empresarial, inversión preventiva o desempeño operativo individual de las empresas.

Pese a la evidencia internacional, la relación entre recaudación fiscal minera e incidentalidad laboral ha sido poco explorada mediante series temporales, datos administrativos oficiales y ajuste por exposición laboral. Esta brecha es relevante porque la minería peruana moviliza una elevada carga mensual de horas-hombre trabajadas (Coaquira et al., 2022), de modo que incluso variaciones moderadas en la frecuencia de incidentes pueden tener implicancias importantes para la vigilancia ocupacional, la gestión preventiva y la sostenibilidad operativa del sector.

La dirección esperada de esta asociación no es teóricamente unívoca. Por un lado, una hipótesis procíclica plantea que el aumento de la actividad económica puede elevar la incidentalidad al incrementar la exposición laboral y la presión productiva (Boone & van Ours, 2006; Fernández-Muñiz et al., 2017; Marrocco et al., 2025). Por otro lado, una hipótesis inversa sostiene que los periodos de mayor desempeño económico y fiscal podrían ampliar la capacidad de inversión en prevención, tecnología y supervisión, reduciendo los eventos laborales (Asfaw et al., 2012; Bautista-Bernal et al., 2024; Cao et al., 2025; Moon et al., 2025). Dado que ambos mecanismos predicen direcciones opuestas, la relación entre recaudación fiscal e incidentalidad laboral se plantea en este estudio como una pregunta empírica bidireccional, sin asumir previamente el sentido de la asociación.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación entre la recaudación fiscal mensual del sector minero peruano y la incidentalidad laboral entre enero de 2015 y diciembre de 2024. Para responder a este objetivo, se analizó una serie ecológica mensual basada en registros administrativos oficiales. La recaudación fiscal se evaluó en términos reales, mientras que la incidentalidad laboral se midió mediante el número absoluto de incidentes y la tasa de frecuencia ajustada por millón de horas-hombre trabajadas. El análisis consideró asociaciones contemporáneas y rezagadas, además del control de la exposición laboral mediante horas-hombre trabajadas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del estudio

Se realizó un estudio observacional analítico de tipo ecológico con enfoque longitudinal, basado en una serie temporal mensual. El objetivo fue evaluar la asociación entre la recaudación fiscal del sector minero

peruano y los indicadores de seguridad laboral, considerando el número de incidentes y la tasa de frecuencia ajustada por exposición. Se analizaron asociaciones contemporáneas y con rezagos de hasta ± 3 meses para explorar patrones dinámicos.

2.2. Contexto y ámbito del estudio

El estudio se desarrolló en el sector minero del Perú, utilizando información secundaria oficial del Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Se analizaron registros administrativos mensuales agregados a nivel nacional, incluyendo recaudación fiscal, incidentes laborales y horas-hombre trabajadas. El periodo comprendió 120 observaciones mensuales continuas, lo que permitió capturar la variabilidad asociada a los ciclos económicos del sector.

2.3. Unidad de análisis y criterios de selección

La unidad de análisis correspondió a observaciones mensuales agregadas del sector minero. Se incluyó la totalidad de registros válidos con información completa para las variables de interés, siguiendo un enfoque censal. La depuración comprendió la verificación de la continuidad temporal, la consistencia de las unidades de medición y la alineación de las series analizadas. No se identificaron valores faltantes, por lo que no fue necesario aplicar imputación.

Las variables fueron extraídas de campos estructurados de fuentes oficiales, sin requerir procesos adicionales de clasificación, validación de códigos ni integración de múltiples bases de datos.

2.4. Definición de variables

Se analizaron la recaudación fiscal mensual del subsector minería, expresada en moneda local, y los incidentes laborales reportados por el MINEM, conforme a la definición legal de incidente como un evento inesperado ocurrido durante el trabajo que pudo causar daños, pero no provocó lesiones a la persona (Perú, 2016). La recaudación fiscal fue considerada inicialmente en términos nominales, en millones de soles corrientes. Adicionalmente, con el propósito de controlar el efecto de la variación del nivel general de precios, se construyó una medida de recaudación fiscal real, expresada en millones de soles constantes con base diciembre de 2024.

Para ello, se utilizó el Índice de Precios al Consumidor a nivel nacional publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), originalmente reportado con base diciembre de 2021 = 100. Este índice fue reexpresado a base diciembre de 2024 = 100 mediante la siguiente transformación:

$$["IPC"]_{t, \text{base dic2024}} = ["IPC"]_{t, \text{base dic2021}} / ["IPC"]_{\text{dic2024, base dic2021}} \times 100$$

Posteriormente, la recaudación fiscal nominal fue deflactada de acuerdo con la siguiente expresión:

$$["Recaudación"]_{\text{real } t} = ["Recaudación"]_{\text{nominal } t} / (["IPC"]_{t, \text{base dic2024}} / 100)$$

Como indicadores de seguridad ocupacional se consideraron: (i) el número mensual de incidentes y (ii) la tasa de frecuencia de incidentes por millón de horas-hombre trabajadas. La tasa de frecuencia se calculó como:

$$\text{"Tasa de Frecuencia de Incidentes"} = \text{"Incidentes"} / \text{"Horas-hombre trabajadas"} \times 1\,000\,000$$

Las horas-hombre trabajadas se incluyeron como variable de control de la exposición laboral acumulada. Además, se generaron variables con rezagos de hasta tres meses para evaluar la direccionalidad temporal de las asociaciones entre la recaudación fiscal minera, tanto nominal como real, y los indicadores de incidentes laborales.

2.5. Fuentes de datos y medición

Los datos provinieron de registros administrativos oficiales del MINEM y del INEI. La recaudación fiscal corresponde a ingresos tributarios agregados del subsector minería; los incidentes laborales, a reportes obligatorios de seguridad ocupacional; y las horas-hombre trabajadas, a la exposición laboral mensual reportada. Para el ajuste por inflación se empleó el Índice de Precios al Consumidor a nivel nacional publicado por el INEI, obtenido del índice temático de economía, con base diciembre de 2021 = 100.

El procesamiento incluyó limpieza de variables, estandarización de fechas a periodicidad mensual, validación de tipos de datos, verificación de duplicados y revisión de valores faltantes. Asimismo, el IPC fue reescalado a base diciembre de 2024 = 100 y se generó una variable de recaudación fiscal real, expresada en millones de soles constantes de diciembre de 2024. Esta transformación permitió comparar

la recaudación fiscal a lo largo del periodo de estudio reduciendo la distorsión producida por cambios en el nivel general de precios.

Las mediciones se consideran comparables en el tiempo debido a la estandarización de los sistemas oficiales de registro y a la aplicación de criterios homogéneos de procesamiento para todas las variables incluidas en el análisis.

2.6. Control de sesgos

El sesgo de información se minimizó mediante el uso de datos oficiales estandarizados. El sesgo de confusión se abordó ajustando por horas-hombre trabajadas. El sesgo temporal se consideró mediante el análisis de rezagos. Asimismo, se redujo el sesgo por datos incompletos mediante la exclusión de observaciones con información faltante.

2.7. Tamaño del estudio

El tamaño estuvo determinado por la disponibilidad de datos completos, alcanzando 120 observaciones mensuales. No se realizó cálculo muestral debido al carácter censal del estudio.

2.8. Tratamiento de variables cuantitativas

Todas las variables se analizaron como continuas. La recaudación fiscal del subsector minería se utilizó en términos reales, expresada en millones de soles constantes de diciembre de 2024, luego de ser deflactada mediante el Índice de Precios al Consumidor a nivel nacional reexpresado a dicha base. Los incidentes laborales se analizaron como conteo absoluto mensual, y la tasa de frecuencia de incidentes como indicador ajustado por exposición laboral, expresado por millón de horas-hombre trabajadas. No se realizaron categorizaciones, a fin de preservar la variabilidad de los datos y evitar pérdida de información en el análisis de asociaciones temporales.

2.9. Análisis estadístico

El análisis estadístico comprendió una fase descriptiva, en la que se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas. La normalidad de las distribuciones se evaluó mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov.

Para analizar la evolución temporal de las series mensuales de recaudación fiscal real, incidentes laborales y tasa de frecuencia de incidentes, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall, complementada con la estimación de la pendiente de Sen para cuantificar la magnitud del cambio temporal.

Las asociaciones entre variables se evaluaron mediante coeficientes de correlación de Pearson o Spearman, según la distribución de los datos. Se consideraron asociaciones contemporáneas y con rezagos de hasta ± 3 meses. Asimismo, se realizó correlación parcial ajustada por horas-hombre trabajadas, con el propósito de controlar el efecto de la exposición laboral acumulada.

Finalmente, se efectuaron análisis de sensibilidad comparando los resultados obtenidos con los incidentes laborales absolutos y con la tasa de frecuencia de incidentes ajustada por exposición. Todo el procesamiento se realizó sobre la base de datos depurada, luego de procedimientos sistemáticos de limpieza, estandarización temporal y validación de consistencia.

3. RESULTADOS

3.1. Datos descriptivos

La recaudación fiscal real presentó una media de S/ 1 310,53 millones constantes de diciembre de 2024 ($DE = S/ 919,15$), con una mediana de S/ 1 098,90 millones y un rango intercuartílico entre S/ 825,69 y S/ 1 480,98 millones. Los valores oscilaron entre S/ 338,46 y S/ 6 163,72 millones, lo que evidencia una marcada dispersión en la serie mensual.

Los incidentes laborales registraron una media mensual de 3 606,73 casos ($DE = 1 797,53$), una mediana de 3 283,50 y un rango intercuartílico entre 2 141,25 y 5 056,50 incidentes. El mínimo observado fue de 596 incidentes y el máximo de 7 686.

Las horas-hombre trabajadas presentaron una media mensual de 39 190 319,38 horas (DE = 5 571 612,99), con una mediana de 39 958 439,00 y un rango intercuartílico entre 36 723 333,50 y 43 344 527,50 horas. Los valores extremos fueron 15 804 355,00 y 48 960 287,00 horas-hombre.

La tasa de frecuencia de incidentes mostró una media de 94,42 incidentes por millón de horas-hombre trabajadas (DE = 50,11), una mediana de 80,01 y un rango intercuartílico entre 52,37 y 138,48. Los valores mínimo y máximo fueron 20,95 y 201,80, respectivamente.

El detalle completo de los estadísticos descriptivos se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos de las variables del estudio.

Variable	N	Media	DE	Mediana	Mínimo	P25	P75	Máximo
Recaudación fiscal real (S/ millones)	120	1 310,53	919,15	1 098,90	338,46	825,69	1 480,98	6 163,72
Incidentes	120	3 606,73	1 797,53	3 283,50	596,00	2 141,25	5 056,50	7 686,00
Horas-hombre trabajadas	120	39 190 319,38	5 571 612,99	39 958 439,00	15 804 355,00	36 723 333,50	43 344 527,50	48 960 287,00
Tasa de frecuencia de incidentes	120	94,42	50,11	80,01	20,95	52,37	138,48	201,80

Nota. La recaudación fiscal real se expresa en millones de soles constantes con base diciembre de 2024. La tasa de frecuencia de incidentes se expresa por millón de horas-hombre trabajadas. DE = desviación estándar; P25 = percentil 25; P75 = percentil 75.

La evaluación de normalidad evidenció que las variables analizadas no siguieron una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk. Se rechazó la hipótesis de normalidad para la recaudación fiscal real ($W = 0,668$; $p < 0,001$), los incidentes laborales ($W = 0,941$; $p < 0,001$), las horas-hombre trabajadas ($W = 0,895$; $p < 0,001$) y la tasa de frecuencia de incidentes ($W = 0,907$; $p < 0,001$).

La prueba de Kolmogorov-Smirnov (K) mostró un patrón similar para la recaudación fiscal real ($D = 0,184$; $p = 0,001$), los incidentes laborales ($D = 0,147$; $p = 0,010$) y la tasa de frecuencia de incidentes ($D = 0,155$; $p = 0,006$), variables en las que también se rechazó la hipótesis de normalidad. En contraste, las horas-hombre trabajadas no evidenciaron desviación significativa de la normalidad según esta prueba ($D = 0,096$; $p = 0,205$).

En conjunto, los resultados justifican el uso de procedimientos estadísticos no paramétricos para el análisis de asociación. El detalle completo se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Pruebas de normalidad de las variables del estudio.

Variable	Shapiro-Wilk W	p	Normalidad	KS D	p	Normalidad
Recaudación fiscal real (S/ millones)	0,668	< 0,001	No normal	0,184	0,001	No normal
Incidentes	0,941	< 0,001	No normal	0,147	0,010	No normal
Horas-hombre trabajadas	0,895	< 0,001	No normal	0,096	0,205	Normal
Tasa de frecuencia de incidentes	0,907	< 0,001	No normal	0,155	0,006	No normal

Nota. La recaudación fiscal real se expresa en millones de soles constantes con base diciembre de 2024. La tasa de frecuencia de incidentes se expresa por millón de horas-hombre trabajadas. W = estadístico de Shapiro-Wilk; D = estadístico de Kolmogorov-Smirnov; p = valor de probabilidad. El criterio de normalidad fue $p \geq 0,05$.

3.2. Datos de resultados

Durante el periodo 2015–2024, la recaudación fiscal real mostró una trayectoria heterogénea, con oscilaciones mensuales marcadas y un incremento más pronunciado a partir de 2021. La prueba de Mann-Kendall confirmó una tendencia monótonica creciente significativa para esta variable ($Z = 7,28$; $p < 0,001$; $\tau = 0,45$), con una pendiente de Sen estimada de S/ 96,26 millones constantes por año.

Los incidentes laborales evidenciaron una tendencia descendente durante la serie analizada. En los primeros años se observaron valores mensuales superiores a 7 000 incidentes mientras que hacia el final del periodo los registros se ubicaron en niveles cercanos a 1 500–2 000 incidentes mensuales. La prueba de Mann-Kendall confirmó una tendencia decreciente significativa ($Z = -11,28$; $p < 0,001$; $\tau = -0,70$), con una reducción estimada de 550,53 incidentes por año según la pendiente de Sen.

De manera concordante, la tasa de frecuencia de incidentes presentó una disminución progresiva a lo largo del periodo, pasando de valores cercanos a 200 incidentes por millón de horas-hombre trabajadas en 2015 a valores inferiores a 50 en los últimos años de la serie. La prueba de Mann-Kendall también confirmó una tendencia decreciente significativa ($Z = -12,57$; $p < 0,001$; $\tau = -0,78$), con una pendiente de Sen anual de $-16,01$ incidentes por millón de horas-hombre trabajadas.

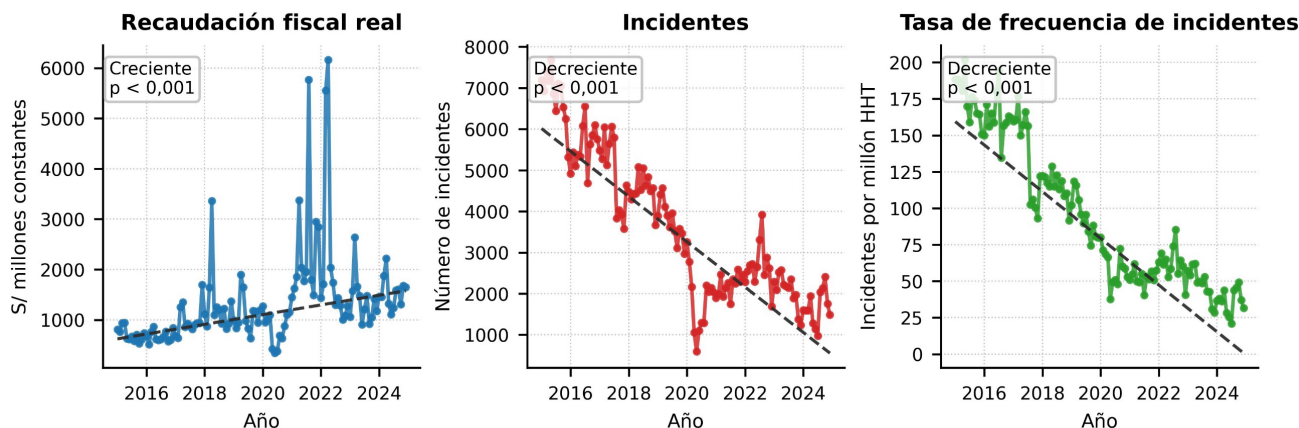


Figura 1. Tendencia temporal de la recaudación fiscal real, incidentes y tasa de frecuencia de incidentes.

3.3. Resultados principales

El análisis de asociación se realizó mediante coeficientes de correlación de Pearson y Spearman, considerando asociaciones contemporáneas y con rezagos de hasta ± 3 meses. Debido a que las variables no presentaron distribución normal, la interpretación principal se basó en Spearman; no obstante, Pearson se reportó como medida complementaria de asociación lineal. Asimismo, se estimaron correlaciones parciales ajustadas por horas-hombre trabajadas, con el propósito de controlar el efecto de la exposición laboral acumulada.

En la asociación contemporánea entre recaudación fiscal real e incidentes laborales, se observó una asociación inversa estadísticamente significativa. La correlación de Pearson mostró una asociación negativa de magnitud moderada ($r = -0,329$; $p < 0,001$), mientras que Spearman evidenció una asociación negativa de mayor magnitud ($\rho = -0,490$; $p < 0,001$). Este resultado indica que los meses con mayor recaudación fiscal real tendieron a coincidir con menores registros de incidentes laborales. La distribución bivariada de esta relación se presenta en la Figura 2.

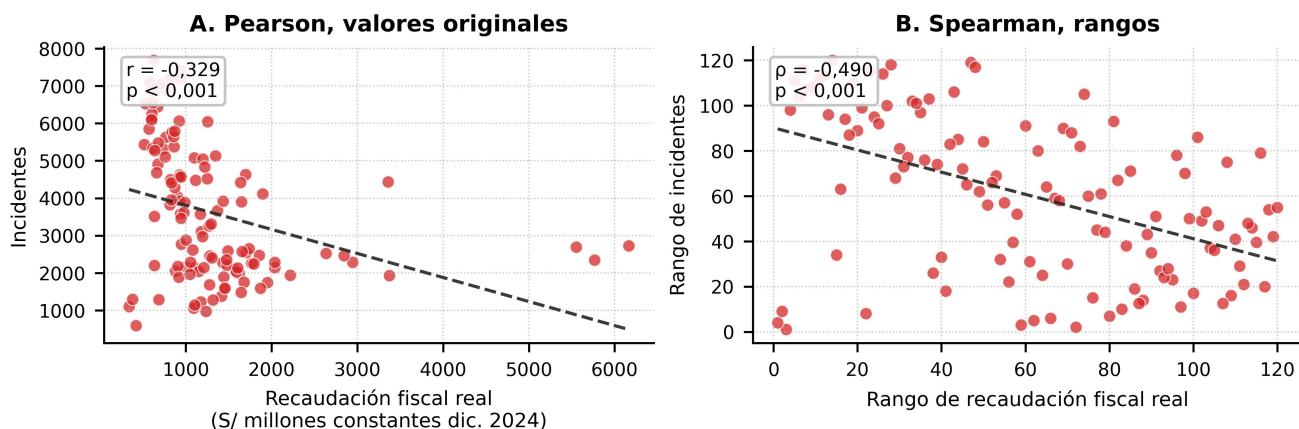


Figura 2. Asociación contemporánea entre recaudación fiscal real e incidentes laborales

Al evaluar los rezagos temporales, la asociación entre recaudación fiscal real e incidentes laborales mantuvo dirección negativa en todos los escenarios analizados. En el análisis bivariado, los coeficientes de Pearson oscilaron entre $r = -0,387$ y $r = -0,291$, mientras que los coeficientes de Spearman variaron entre $\rho = -0,575$ y $\rho = -0,460$. Todas las asociaciones fueron estadísticamente significativas. Después del ajuste por horas-hombre trabajadas, las magnitudes se redujeron, aunque se mantuvieron

significativas tanto para Pearson parcial como para Spearman parcial. El detalle de estos resultados se presenta en la Cuadro 3.

Cuadro 3. Correlaciones entre recaudación fiscal real e incidentes laborales, con y sin ajuste por horas-hombre trabajadas

Rezago, meses	N	Pearson r	p	Spearman ρ	p	Pearson parcial r	p	Spearman parcial ρ	p
-3	117	-0,387	< 0,001	-0,575	< 0,001	-0,327	< 0,001	-0,431	< 0,001
-2	118	-0,361	< 0,001	-0,531	< 0,001	-0,313	< 0,001	-0,399	< 0,001
-1	119	-0,348	< 0,001	-0,502	< 0,001	-0,308	< 0,001	-0,364	< 0,001
0	120	-0,329	< 0,001	-0,490	< 0,001	-0,294	0,001	-0,357	< 0,001
1	119	-0,323	< 0,001	-0,472	< 0,001	-0,284	0,002	-0,325	< 0,001
2	118	-0,310	< 0,001	-0,460	< 0,001	-0,263	0,004	-0,302	< 0,001
3	117	-0,291	0,001	-0,465	< 0,001	-0,236	0,011	-0,312	< 0,001

Nota. El rezago 0 corresponde a la asociación contemporánea. Los rezagos negativos indican que los incidentes laborales fueron desplazados hacia meses previos respecto de la recaudación fiscal real; los rezagos positivos indican que la recaudación fiscal real precede temporalmente a los incidentes laborales. Las correlaciones parciales fueron ajustadas por horas-hombre trabajadas. r = coeficiente de Pearson; ρ = coeficiente de Spearman.

Respecto a la tasa de frecuencia de incidentes, también se identificó una asociación inversa estadísticamente significativa con la recaudación fiscal real. En el análisis contemporáneo, Pearson mostró una asociación negativa de magnitud moderada ($r = -0,379$; $p < 0,001$), mientras que Spearman evidenció una asociación negativa de mayor magnitud ($\rho = -0,563$; $p < 0,001$). Este resultado sugiere que, al considerar la exposición laboral mediante la tasa de frecuencia, la asociación inversa con la recaudación fiscal real se mantiene. La representación gráfica se muestra en la Figura 3.

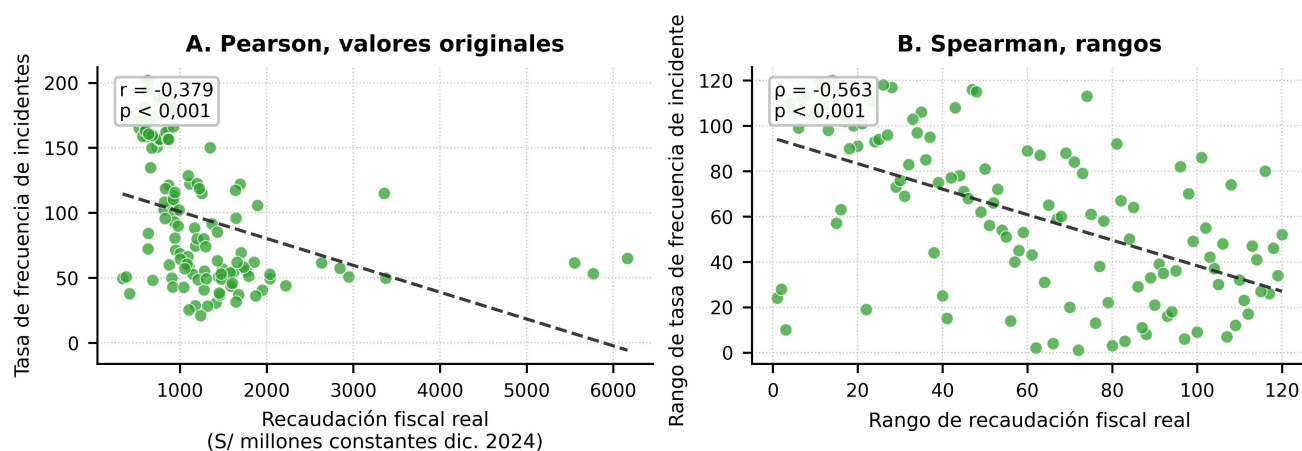


Figura 3. Asociación contemporánea entre recaudación fiscal real y tasa de frecuencia de incidentes

En los análisis con rezagos, la tasa de frecuencia de incidentes mantuvo asociaciones negativas y estadísticamente significativas con la recaudación fiscal real en todos los desplazamientos evaluados. En el análisis bivariado, Pearson presentó coeficientes entre $r = -0,412$ y $r = -0,359$, mientras que Spearman mostró coeficientes entre $\rho = -0,624$ y $\rho = -0,547$. Después del ajuste por horas-hombre trabajadas, las asociaciones disminuyeron en magnitud, pero conservaron significancia estadística en todos los rezagos evaluados. Los resultados se detallan en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Correlaciones entre recaudación fiscal real y tasa de frecuencia de incidentes, con y sin ajuste por horas-hombre trabajadas

Rezago, meses	N	Pearson r	p	Spearman ρ	p	Pearson parcial r	p	Spearman parcial ρ	p
-3	117	-0,412	< 0,001	-0,624	< 0,001	-0,326	< 0,001	-0,445	< 0,001
-2	118	-0,380	< 0,001	-0,581	< 0,001	-0,296	0,001	-0,396	< 0,001
-1	119	-0,386	< 0,001	-0,563	< 0,001	-0,303	< 0,001	-0,359	< 0,001

0	120	-0,379	< 0,001	-0,563	< 0,001	-0,294	0,001	-0,352	< 0,001
1	119	-0,374	< 0,001	-0,555	< 0,001	-0,293	0,001	-0,348	< 0,001
2	118	-0,367	< 0,001	-0,547	< 0,001	-0,286	0,002	-0,348	< 0,001
3	117	-0,359	< 0,001	-0,556	< 0,001	-0,277	0,003	-0,372	< 0,001

Nota. El rezago 0 corresponde a la asociación contemporánea. Los rezagos negativos indican que la tasa de frecuencia de incidentes fue desplazada hacia meses previos respecto de la recaudación fiscal real; los rezagos positivos indican que la recaudación fiscal real precede temporalmente a la tasa de frecuencia de incidentes. Las correlaciones parciales fueron ajustadas por horas-hombre trabajadas. r = coeficiente de Pearson; ρ = coeficiente de Spearman.

3.4. Análisis adicionales

Como análisis de sensibilidad, se compararon las asociaciones obtenidas al utilizar los incidentes laborales absolutos frente a la tasa de frecuencia de incidentes ajustada por exposición laboral. En ambos métodos de correlación, Pearson y Spearman, las asociaciones conservaron el mismo sentido negativo y mantuvieron significancia estadística en todos los rezagos evaluados.

En Pearson, los coeficientes con incidentes absolutos oscilaron entre $r = -0,387$ y $r = -0,291$, mientras que con la tasa de frecuencia variaron entre $r = -0,412$ y $r = -0,359$. En Spearman, los coeficientes con incidentes absolutos oscilaron entre $\rho = -0,575$ y $\rho = -0,460$, mientras que con la tasa de frecuencia se ubicaron entre $\rho = -0,624$ y $\rho = -0,547$. En todos los casos, los resultados fueron estadísticamente significativos.

Estos hallazgos indican que la asociación inversa entre la recaudación fiscal real y los indicadores de incidentes laborales fue robusta al cambio de especificación del desenlace. Además, la tasa de frecuencia presentó coeficientes de mayor magnitud que los incidentes absolutos, lo que sugiere que el ajuste por exposición laboral refuerza la consistencia del patrón observado. El resumen del análisis de sensibilidad se presenta en la Cuadro 5.

Cuadro 5. Resumen del análisis de sensibilidad entre incidentes absolutos y tasa de frecuencia de incidentes

Método	Rezagos evaluados	Coef. incidentes absolutos	Coef. tasa de frecuencia de incidentes	Δ absoluta	Rezagos robustos	Conclusión
Pearson	7	-0,387 a -0,291	-0,412 a -0,359	0,020 a 0,068	7/7	Robusto
Spearman	7	-0,575 a -0,460	-0,624 a -0,547	0,049 a 0,091	7/7	Robusto

Nota. Los rezagos evaluados correspondieron a -3, -2, -1, 0, +1, +2 y +3 meses. El rezago 0 representa la asociación contemporánea. Δ absoluta = diferencia absoluta entre los coeficientes obtenidos con incidentes absolutos y con tasa de frecuencia. La conclusión "robusto" indica conservación del mismo signo negativo y significancia estadística en ambas especificaciones del desenlace. En Pearson, todos los resultados fueron significativos con $p \leq 0,001$; en Spearman, todos los resultados fueron significativos con $p < 0,001$.

4. DISCUSIÓN

4.1. Resultados clave

El estudio evaluó, durante 2015–2024, la asociación entre la recaudación fiscal mensual del sector minero peruano y los indicadores de seguridad laboral, considerando incidentes absolutos y tasa de frecuencia ajustada, mediante un diseño ecológico longitudinal con análisis contemporáneos y rezagos de hasta ± 3 meses.

Se identificó una correlación negativa, estadísticamente significativa y consistente entre recaudación fiscal e incidentalidad. En el análisis contemporáneo, el coeficiente de Spearman fue $\rho = -0,490$ ($p < 0,001$) para incidentes absolutos y $\rho = -0,563$ ($p < 0,001$) para la tasa de frecuencia. La asociación se mantuvo en todos los rezagos, con máxima magnitud en -3 meses ($\rho = -0,624$ para la tasa de frecuencia), y persistió tras el ajuste por horas-hombre trabajadas (ρ parcial hasta -0,445; $p < 0,001$).

Estos resultados concuerdan con la evidencia internacional: la relación inversa entre desempeño económico e incidentalidad (Asfaw et al., 2012; Moon et al., 2025), el efecto positivo de la inversión en seguridad sobre el desempeño organizacional (Bautista-Bernal et al., 2024) y la asociación negativa entre producto interno bruto y siniestralidad mortal (Cao et al., 2025) respaldan este vínculo en el contexto minero peruano.

En términos temporales, los incidentes disminuyeron progresivamente —de más de 7 000 eventos mensuales a menos de 2 000— en paralelo con el incremento de la recaudación desde 2021. Aunque este patrón sugiere mejoras en seguridad asociadas a mayor actividad económica, la naturaleza ecológica del estudio impide establecer causalidad directa.

4.2. Limitaciones

El diseño ecológico limita la inferencia causal y expone a la falacia ecológica (Sedgwick, 2014). Asimismo, no puede descartarse confusión residual por variables no medidas —calidad de gestión, nivel tecnológico o condiciones regulatorias— que covarían con rentabilidad y seguridad (Asfaw et al., 2012; Moon et al., 2025); las tendencias monotónicas opuestas advierten, además, sobre correlaciones espurias por co-tendencia, lo que exige métodos de series temporales con detendenciado.

Otros factores —supervisión gubernamental, condiciones laborales o comportamiento de reporte— también podrían influir (Wang et al., 2022; Boone y van Ours, 2006; Marrocco et al., 2025), y el uso de datos administrativos implica limitaciones de validez y consistencia (Ghahramani et al., 2025). El subregistro estructural en minería —superior al 70 % en eventos mortales y cercano al 96 % en no mortales (Bran et al., 2026)— y mayor que en otras actividades (Cruz-Ausejo et al., 2024) podría atenuar las asociaciones observadas. Finalmente, cambios en la composición del sector podrían introducir heterogeneidad no capturada.

4.3. Interpretación

La asociación inversa observada entre la dinámica económica minera y la incidentalidad laboral fue estable entre especificaciones y análisis de rezago; sin embargo, no debe interpretarse como causal debido al diseño ecológico del estudio. Su plausibilidad puede explicarse por dos mecanismos complementarios. Primero, en periodos de mayor dinamismo económico, las empresas podrían disponer de más recursos para prevención, supervisión, capacitación y control operativo, lo que favorecería mejores resultados en seguridad laboral (Asfaw et al., 2012; Bautista-Bernal et al., 2024; Moon et al., 2025). Segundo, la incorporación progresiva de mejoras tecnológicas y regulatorias podría haber contribuido a reducir la ocurrencia de eventos laborales durante el periodo analizado (Wang et al., 2022).

No obstante, la extrapolación de teorías macroeconómicas sobre siniestralidad laboral a estos resultados requiere cautela. Una parte importante de esta literatura se ha basado en accidentes fatales, accidentes no fatales o eventos con días perdidos, desenlaces metodológicamente distintos de los incidentes sin lesión corporal predominantes en este estudio (Asfaw et al., 2012; Boone & van Ours, 2006; Stemn, 2019). Esta diferencia es relevante porque los eventos de menor severidad dependen en mayor medida de la decisión de reporte y, por tanto, son más sensibles a variaciones administrativas, organizacionales y económicas que los accidentes graves o mortales (Boone & van Ours, 2006; Marrocco et al., 2025). Asimismo, el subregistro tiende a concentrarse en los eventos menores, mientras que los desenlaces graves y fatales son menos susceptibles de ocultamiento en los sistemas formales de notificación (Marrocco et al., 2025). En consecuencia, los incidentes sin lesión corporal constituyen un desenlace especialmente vulnerable a artefactos de registro.

Aun así, el sesgo de reporte no parece explicar completamente el patrón observado. La literatura sobre reporte cíclico sugiere que la notificación de eventos laborales tiende a aumentar durante periodos de expansión económica (Stemn, 2019; Marrocco et al., 2025). Bajo este supuesto, el sesgo de reporte produciría una asociación positiva entre actividad económica e incidentalidad, en dirección opuesta a la asociación negativa identificada en este estudio. Por ello, el comportamiento cíclico del reporte difícilmente explicaría por sí solo los resultados. Sin embargo, no puede descartarse la existencia de cambios seculares en los sistemas de registro que hayan evolucionado en paralelo con la recaudación fiscal durante la serie analizada.

En este contexto, la estabilidad de la asociación entre distintos rezagos y especificaciones, su convergencia con desenlaces menos ocultables como la siniestralidad mortal (Cao et al., 2025), y el valor de los incidentes como señales tempranas de peligros latentes (Inagaki et al., 2024), respaldan una interpretación compatible con una posible mejora real de las condiciones de seguridad. Estos elementos reducen la probabilidad de que el subregistro diferencial sea el mecanismo predominante, aunque no lo eliminan por completo.

Finalmente, las correlaciones observadas, con valores de p entre $-0,460$ y $-0,624$, sugieren asociaciones de magnitud moderada. Su persistencia en los análisis de rezago podría indicar efectos diferidos entre la

dinámica económica y los indicadores de seguridad; no obstante, esta interpretación requiere confirmación mediante diseños longitudinales y modelos analíticos más robustos.

4.4. Generalización

La validez externa es limitada por el diseño ecológico y el alcance sectorial. Los resultados son aplicables al sector minero peruano en 2015–2024, y su extrapolación debe realizarse con cautela (Polit y Beck, 2010). No obstante, el patrón es consistente con la evidencia internacional en minería (Baraza et al., 2023; Hermanus, 2007), y la cultura de seguridad y el desempeño organizacional han demostrado ser determinantes transversales (Sanmiquel et al., 2018; Ismail et al., 2021). Desde una perspectiva epidemiológica, estos hallazgos deben considerarse generadores de hipótesis (Sedgwick, 2014), cuya validación requiere estudios con mayor capacidad inferencial. La validez externa es limitada por el diseño ecológico y el alcance sectorial. Los resultados son aplicables al sector minero peruano en 2015–2024, y su extrapolación a otros contextos debe realizarse con cautela (Polit y Beck, 2010).

5. CONCLUSIONES

Durante el periodo 2015–2024, se identificó una asociación inversa y estadísticamente significativa entre la recaudación fiscal del sector minero peruano y los indicadores agregados de seguridad laboral. Esta relación se observó tanto en los incidentes absolutos como en la tasa de frecuencia ajustada por exposición, y se mantuvo en los análisis de rezago, con mayor magnitud a los tres meses. Estos resultados sugieren una relación temporal consistente entre el desempeño fiscal del sector y la reducción de la incidentalidad laboral, aunque sin implicar causalidad.

El principal aporte del estudio es mostrar que los indicadores fiscales pueden aportar información relevante para la vigilancia macrosectorial de la seguridad y salud en el trabajo. En este sentido, la recaudación fiscal no debe interpretarse únicamente como una variable económica, sino también como un posible marcador agregado del funcionamiento formal del sector, con utilidad para complementar el monitoreo de la siniestralidad ocupacional minera.

Los hallazgos deben interpretarse con cautela debido al diseño ecológico, la posible confusión residual y la exposición de los incidentes menores a subregistro o variaciones en los sistemas de notificación. Por ello, los resultados no permiten establecer relaciones causales, pero sí plantean hipótesis relevantes para la investigación y la gestión pública del sector minero.

Desde una perspectiva aplicada, los resultados respaldan la necesidad de integrar indicadores económicos, fiscales y laborales en los sistemas de vigilancia de la seguridad minera. Futuras investigaciones deberían emplear datos individuales o empresariales, diseños longitudinales y estrategias analíticas causales, así como evaluar la reproducibilidad de estos patrones en otros contextos mineros latinoamericanos.

6. DECLARACIÓN DE ÉTICA, TRANSPARENCIA Y USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

6.1. Ética y transparencia

El presente estudio fue evaluado y aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres, mediante Oficio N.º 226-2026-CIEI-FMH-USMP, emitido el 11 de marzo de 2026. La aprobación corresponde al plan de investigación titulado "Asociación entre indicadores macroeconómicos y resultados de seguridad y salud en el trabajo en el sector minero peruano, 2015–2024"

Originalidad y plagio: Los autores declaran que el manuscrito es original, no ha sido publicado previamente ni se encuentra en evaluación en otra revista. Todas las fuentes utilizadas fueron citadas conforme a las normas APA 7.^a edición.

Conflictos de interés: Los autores declaran no presentar conflictos de interés financieros, académicos, laborales o personales relacionados con el desarrollo o publicación del estudio.

Participación y crédito: Todos los autores contribuyeron de manera sustancial en la concepción del estudio, análisis, interpretación de resultados, redacción y revisión crítica del manuscrito.

Datos y materiales: El estudio utilizó datos secundarios, agregados y de carácter institucional, procedentes de los registros administrativos oficiales del Ministerio de Energía y Minas (2025) —de donde

se obtuvieron la recaudación fiscal del subsector minería, los incidentes laborales y las horas-hombre trabajadas— y del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2026), fuente del Índice de Precios al Consumidor empleado para expresar la recaudación en términos reales. Los datos analizados no contienen información individual identificable y fueron empleados exclusivamente con fines académicos y científicos.

6.2. Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial (IA)

El manuscrito contó con apoyo de herramientas de inteligencia artificial únicamente para tareas de asistencia editorial, organización del contenido, mejora de redacción y revisión de estilo.

Roles de la IA: La IA fue utilizada como apoyo en la estructuración textual, corrección gramatical y mejora de la claridad expositiva del manuscrito.

Responsabilidad humana: Los autores asumen plena responsabilidad por el contenido científico, la integridad de los datos, el análisis estadístico, la interpretación de resultados y las conclusiones del estudio.

Edición final: La versión final fue revisada, validada y aprobada por todos los autores, garantizando el cumplimiento de los principios éticos, científicos y editoriales exigidos para su publicación.

REFERENCIAS

- Asfaw, A., Mark, C., y Pana-Cryan, R. (2013). Profitability and occupational injuries in U.S. underground coal mines. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 778-786. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.002>
- Baraza, X., Cugueró-Escofet, N., y Rodríguez-Elizalde, R. (2023). Statistical analysis of the severity of occupational accidents in the mining sector. *Journal of Safety Research*, 86, 364-375. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.07.015>
- Bautista-Bernal, I., Quintana-García, C., y Marchante-Lara, M. (2024). Safety culture, safety performance and financial performance. A longitudinal study. *Safety Science*, 172, 106409. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106409>
- Boone, J., y Van Ours, J. C. (2006). Are recessions good for workplace safety? *Journal of Health Economics*, 25(6), 1069-1093. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2006.03.002>
- Bran, J. A., Banguera, L. Á., Morales, G. E., Reyes Venegas, H. O., y Samaniego Zamora, M. I. (2026). Analysis of the impact of occupational risks in the mining sector in Ecuador. *Espirales Revista Multidisciplinaria de investigación*, 10(56), 53-77. <https://doi.org/10.31876/er.v10i56.903>
- Cao, Z., Zhou, T., Miao, S., Wang, L., & Wang, Z. (2025). Exploring the economic occupational health, safety, and fatal accidents in high-risk industries. *BMC Public Health*, 25(1), 433. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21583-0>
- Coaquira, J. N., Chaupis, D. A., y Burgos, V. F. J. (2022). Ingresos tributarios provenientes del sector minero y su relación con la recuperación económica del Perú. *Quipukamayoc*, 30(63), 59-68. <https://doi.org/10.15381/quipu.v30i63.23327>
- Cruz-Ausejo, L., Cama-Ttito, N. A., Solano, P. F., Copez-Lonzoy, A., y Vera-Ponce, V. J. (2024). Occupational accidents in mining workers: Scoping review of studies published in the last 13 years. *BMJ Open*, 14(10), e080572. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-080572>
- Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., y Vázquez-Ordás, C. J. (2017). The role of safety leadership and working conditions in safety performance in process industries. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 50, 403-415. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.11.001>
- Ghahramani, A., Samadi, Z., Mansouri, M., & Aghaei, F. (2025). Investigating the culture and practice of reporting occupational incidents in Iranian industries: A mixed-methods study. *BMC Public Health*, 25(1), 4364. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-25332-1>
- Hermanus, M. A. (2007). Occupational health and safety in mining—Status, new developments, and concerns. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 107. https://journals.co.za/doi/10.10520/AJA0038223X_3264

- Inagaki, M., Nagata, T., Odagami, K., Adi, N. P., Mori, K., for the W2S-Ohpm study, Matsuyama, A., Yama, A., Yamamoto, A., Ogasawara, A., Fujiwara, H., Matsuoka, J., Tsutsumi, K., Matsuyama, K., Moriya, K., Odagami, K., Mori, K., Sakai, K., Nagata, M., ... Sawajima, T. (2024). Relationship between a company's adequate response to near-misses and occupational accidents: A 1-year prospective cohort study. *Journal of Occupational Health*, 66(1), uiae053. <https://doi.org/10.1093/joccuh/uiae053>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2026). Índice de Precios al Consumidor a Nivel Nacional (Bases Diciembre 2011=100 y Diciembre 2021=100) Variación Porcentual Mensual, Acumulada y Anual [Dataset]. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>
- Ismail, S. N., Ramli, A., & Aziz, H. A. (2021). Influencing factors on safety culture in mining industry: A systematic literature review approach. *Resources Policy*, 74, 102250. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102250>
- Marrocco, A., Antonelli, M. A., & Castaldo, A. (2026). The silent risk: Exploring underreporting bias in occupational accidents through severity-based modelling. *Economia Politica*, 43(1), 259-283. <https://doi.org/10.1007/s40888-025-00382-1>
- Ministerio de Energía y Minas. (2025). Anuario Minero 2024 [Dataset]. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/6827926-anuario-minero-2024>
- Moon, J., Ikeda-Araki, A., & Mun, Y. (2025). The association between financial performance and occupational injuries/diseases in workplaces of South Korea: Interpretation based on managerial characteristics of workplaces. *European Journal of Medical Research*, 30(1), 502. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02698-x>
- Nava, J. J., Sebastian, F. J. P., y Pacheco, J. C. (2025). Formalización minera, control tributario y sostenibilidad: una visión integral del sector minero en el Perú. *Tributos Y Aduanas*, (4). <https://revistas.sunat.gob.pe/index.php/tya/article/view/68>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas. (2016). Decreto Supremo N.º 024-2016-EM que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (y sus modificatorias: D.S. N.º 023-2017-EM y D.S. N.º 034-2023-EM). Sistema Peruano de Información Jurídica (SPIJ). <https://spij.minjus.gob.pe/>
- Polit, D. F., y Beck, C. T. (2010). Generalization in quantitative and qualitative research: Myths and strategies. *International Journal of Nursing Studies*, 47(11), 1451-1458. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2010.06.004>
- Quiroz, D., Mesa, M. P. Q., y Salinas, E. O. (2023). Occupational Safety and Health Risks. The situation of direct and outsourced mining workers in Bolivia, Colombia, and Peru.
- Sánchez, J., y Carrasco, I. (2023). Recaudación minera en el Perú. *Revista Moneda*, (195). <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-195/moneda-195-07.pdf>
- Sanmiquel, L., Bascompta, M., Rossell, J., Anticoi, H., y Guash, E. (2018). Analysis of Occupational Accidents in Underground and Surface Mining in Spain Using Data-Mining Techniques. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 462. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030462>
- Sedgwick, P. (2014). Ecological studies: Advantages and disadvantages. *BMJ*, 348(may02 4), g2979-g2979. <https://doi.org/10.1136/bmj.g2979>
- Stemn, E. (2019). Analysis of Injuries in the Ghanaian Mining Industry and Priority Areas for Research. *Safety and Health at Work*, 10(2), 151-165. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2018.09.001>
- Wang, Y., Fu, G., Lyu, Q., Wu, Y., Jia, Q., Yang, X., y Li, X. (2022). Reform and Development of Coal Mine Safety in China: An Analysis from Government Supervision, Technical Equipment and Miner Education. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4067209>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional