



Modelo determinístico para la simulación de accidentes de trabajo en minería

Deterministic model for work accidents simulation in mining

Saúl Mayor Pariona¹ / Willi Nelson Tarma Vivas¹ / Janette Mayor Pariona²



0000-0003-2969-7414 / 0000-0001-6596-7608 / -----

Autor corresponsal: smayor@uncp.edu.pe

wntarma@uncp.edu.pe / janettemp@uncp.edu.pe

Cómo citar

Mayor Pariona, S.; Tarma Vivas, W. N. & Mayor Pariona, J. (2021). *Modelo determinístico para la simulación de accidentes de trabajo en minería*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 18(1), 111-118. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.16.1017>

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del modelo determinístico en la simulación de accidentes de trabajo en minería. Se utilizó el método científico con un tipo de investigación descriptivo correlacional, se considera como variable independiente la simulación de accidentes de trabajo y la variable dependiente el modelo determinístico. La población está conformada por los reportes de los accidentes de trabajo de la Compañía Minera Raura S.A.; la muestra, es de tipo no probabilístico que comprende los reportes de los accidentes de trabajo de 12 últimos meses. El modelo determinístico para pronosticar accidentes de trabajo resultante, es el siguiente: Nivel de accidentabilidad = - 2,721 + 0,360 * Factores psicológicos + 0,324 * Factores organizacionales + 0,206 * Otros factores. El modelo tiene un coeficiente de correlación lineal múltiple de 0,816, ello indica una alta correlación con coeficiente de determinación 0,666; lo que significa que, el 66,6 % de la variabilidad del nivel de accidentabilidad (Y) depende de los factores psicológicos (X1), factores organizacionales (X2) y otros factores (X3).

Palabras clave: simulación de accidentes, accidentes de trabajo, modelo determinístico, riesgos laborales

Abstract

The present research paper aims to evaluate the influence of the deterministic model on the simulation of occupation accidents in mining. The scientific method was used with a descriptive type of correlational research, the simulation of work accidents is considered as the independent variable and the deterministic model as dependent variable. The population is made up of reports of work accidents by Minera Raura S.A. Company; the sample is non-probabilistic type that includes reports of work accidents of last 12 months. The deterministic model for predicting occupational accidents is the following: Accident level = - 2,721 + 0.360 * Psychological factors + 0.324 * Organizational factors + 0.206 * Other factors. The model has a multiple linear correlation coefficient of 0.816, there is a high correlation indicated with a 0.666 coefficient of determination; which means that 66.6 % of the variability of the accident level (Y) depends on psychological factor (X1), organizational factors (X2) and other factors (X3).

Keywords: accidents simulation, work accidents, deterministic models, occupational hazards

¹Docentes de la Fac. de Ingeniería de Minas / ²Docente de la Fac. de Enfermería

Introducción

La gestión de los accidentes en minería es un proceso primordial, que requiere de muchas herramientas de diferente índole, una de ellas podría ser la simulación; en la actualidad, pocas empresas realizan simulaciones orientadas a pronosticar los accidentes. Motivados en aportar una herramienta de simulación, se presenta este trabajo de investigación, cuyo objetivo principal es evaluar la influencia de las variables determinísticas, factores psicológicos y factores organizacionales en la simulación de accidentes de trabajo en minería.

Marco teórico

Antecedentes

Propuesta de modelo dinámico de riesgos laborales y ambientales

Según Fernando Torres (s/f), Las empresas en la actualidad, están inmersas en una complejidad donde se acoplan las dificultades de la operación, la estructura organizacional, los cambios sociales y las influencias del medio donde compiten y desarrollan. Para estos escenarios, se necesitan nuevas estrategias para controlar los riesgos y, una de estas, es captar esa complejidad por medio de modelos matemáticos.

El modelo y herramienta propuestos presenta, una visión y operación diferente a los modelos utilizados, actualmente, para la gestión del riesgo, incorporando la variable Cr, la cual ayuda a determinar un real estado del riesgo en la empresa estudiada y, paralelamente, el nivel de seguridad de esta.

El modelo, es capaz de integrar y representar el sistema desde un punto vista cuantitativo y cualitativo, lo cual permite generar una relación matemática entre eventos y consecuencias, modelar el riesgo de forma cuantitativa y describirlo.

El modelo, por su constitución sistémica y holística, puede establecer los riesgos de diferentes objetivos de estudio, como: El medio ambiente, la seguridad, la salud ocupacional y la calidad.

Es necesario incluir en el modelo la variable incertidumbre, para poder tener el grado de confiabilidad del modelo. Ello, para que sea también considerado en la toma de decisiones.

La herramienta de gestión presenta una flexibilidad para su operación, en la cual puede incorporar mediciones cuantitativas y cualitativas.

En la herramienta, es necesario considerar filtros estadísticos para seleccionar los factores de mayor incidencia en el comportamiento del sistema de riesgo, ante un eventual gran número de factores y aporte a una entropía de información.

La herramienta de gestión de riesgos, basada en un MDR, tiene la capacidad de adaptarse a una serie de hardware periféricos para tomar datos e información de índole cuantitativa y cualitativa, con la ventaja de poder realizar actualizaciones continuas y sistemáticas de información, mejorando la eficacia de la herramienta y la gestión de riesgos.

En consecuencia, a partir de las consideraciones teóricas dinámicas del estado de un sistema, se logró elaborar una formulación matemática para representar el estado de riesgo del mismo.

El concepto de riesgo, basado en las variables probabilidad, consecuencia y control del riesgo, permite que sea aplicable en la dimensión medio ambiental y laboral.

Teoría básica

Simulación

H. Naylor, citado por Coss (1998), menciona que la:

Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos.

Una definición más formal, formulada por Shannon & Johannes (1976), precisa a la simulación como:

...el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema.

Modelo determinístico

Según Wikipedia, la Enciclopedia Libre, un modelo determinístico o:

determinista es un modelo matemático donde las mismas entradas o condiciones iniciales producirán invariablemente las mismas salidas o resultados, no contemplándose la existencia de azar o incertidumbre en el proceso mediante dicho modelo.

Está estrechamente relacionado con la creación de entornos simulados a través de simuladores para el estudio de situaciones hipotéticas, o para crear sistemas de gestión que permitan disminuir la propagación de errores. Los modelos deter-

ministas solo pueden ser adecuados para sistemas deterministas no caóticos, para sistemas azarosos” (no-determinista) y caóticos (determinista impredecible a largo plazo), los modelos deterministas no pueden predecir adecuadamente la mayor parte de sus características.

La inclusión de mayor complejidad en las relaciones con una cantidad mayor de variables y elementos ajenos al modelo determinista hará posible que éste se aproxime a un modelo probabilístico o de enfoque estocástico.

Accidente de trabajo

(AT): Según el Art. 7 del RSSOM, aprobado por D. S. N° 023-2017-EM se define como:

Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también, accidente de trabajo, aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aún fuera del lugar y horas de trabajo.

Así mismo, el Art. 7 del RSSOM, aprobado por D. S. N° 023-2017-EM define los tipos de accidentes de la siguiente manera:

- **Accidente leve.** Es el “Suceso cuya lesión, resultado de la evaluación y diagnóstico médico, genera en el accidentado un descanso con retorno máximo al día siguiente a las labores habituales de su puesto de trabajo”.
- **Accidente incapacitante.** Es el “suceso cuya lesión, resultado de la evaluación y diagnóstico médico da lugar a descanso mayor a un día, ausencia justificada al trabajo y tratamiento. Para fines estadísticos, no se toma en cuenta el día de ocurrido el accidente. Según el grado de la incapacidad generada en el trabajador”.
- **Accidente incapacitante parcial temporal.** Es “cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad parcial de utilizar su organismo; se otorga tratamiento médico hasta su plena recuperación”.
- **Accidente incapacitante total temporal.** Es “cuando la lesión genera en el accidentado la imposibilidad total de utilizar su organismo; se otorga tratamiento médico hasta su plena recuperación”.
- **Accidente incapacitante parcial permanente.** Es “cuando la lesión genera la pérdida parcial de un miembro u órgano o de las fun-

ciones del mismo”.

- **Accidente incapacitante total permanente.** Es “cuando la lesión genera la pérdida anatómica o funcional total de uno o más miembros u órganos y que incapacita totalmente al trabajador para laborar”.
- **Accidente mortal.** Es el “Suceso cuyas lesiones producen la muerte del trabajador. Para efectos estadísticos debe considerarse la fecha del deceso”.
- **Estadística de Seguridad y Salud Ocupacional.** Es el “Sistema de registro, análisis y control de la información de incidentes, incidentes peligrosos, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, orientado a utilizar la información y las tendencias asociadas en forma proactiva para reducir la ocurrencia de este tipo de eventos.
- **Índice de Frecuencia de Accidentes (IF).** Es el “Número de accidentes mortales e incapacitantes por cada millón de horas hombre trabajadas. Se calculará con la fórmula siguiente”:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1\,000\,000}{\text{Horas hombre trabajadas}} \quad (N^{\circ} \text{ Accidentes} = \text{Incapacitantes} + \text{Mortales})$$

- **Índice de Severidad de Accidentes (IS).** Es el “Número de días perdidos o cargados por cada millón de horas - hombre trabajadas. Se calculará con la fórmula siguiente”:

$$IS = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos o cargados} \times 1\,000\,000}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

- **Índice de Accidentabilidad (IA).** Es “Una medición que combina el índice de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (IF) y el índice de severidad de lesiones (IS), como un medio de clasificar a las empresas mineras”.

“Es el producto del valor del índice de frecuencia por el índice de severidad dividido entre 1000”.

$$IS = \frac{IF \times IS}{1000}$$

Definiciones conceptuales y operacionales

Definiciones conceptuales

El presente estudio, consta de variable independiente, que es la simulación de accidentes de trabajo y; la variable dependiente, referido al modelo determinístico.

VI: Simulación de accidentes de trabajo

Diseño de un modelo de sistema real y llevado a término de experiencias, con la finalidad de comprender el comportamiento de los accidentes de trabajo en minería

VD: Modelo determinístico

Modelo que considera como variables determinísticas a los factores psicológicos y factores organizacionales que se relacionan con los accidentes de trabajo en minería.

Definiciones operacionales**VI:** Simulación de accidentes de trabajo

Variable que expresa resultados de simulación de accidentes de trabajo en minas.

VD: Modelo determinístico

Variable que involucra los niveles de los factores psicológicos y organizacionales.

Materiales y métodos**Materiales**

Se empleó softwares de aplicación y análisis estadísticos como SPSS, Eviews, Ms-Excel, computadoras personales entre otros materiales.

Métodos

Se empleó la metodología de investigación científica, tipo descriptivo correlación, nivel básico en método científico. La población en estudio está conformada por los reportes de accidentes de la Compañía Minera Raura S.A. Con una muestra no probabilística, que involucran los reportes de accidentes de los últimos 12 meses en la Compañía Minera Raura S.A.

Para el modelo determinístico, se recurrió a modelos de regresión lineal simple y modelos de regresión lineal múltiple.

Resultados**Modelo determinístico**

El modelo determinístico que se plantea, es un modelo de regresión lineal múltiple cuya variable dependiente (Y) que se pretende pronosticar son los accidentes de trabajo en función a las variables independientes (X) que son los principales factores que determinan los accidentes de trabajo.

$$Y = \pm B_0 \pm B_1X_1 \pm B_2X_2 \pm B_3X_3 \pm \dots \pm B_nX_n$$

Para el presente estudio, se definió las variables de la siguiente forma:

Y = Nivel de accidentabilidad

X1 = factores psicológicos

X2 = factores organizacionales

X3 = Otros factores

En la Tabla 1, se muestra la evaluación de las variables descritas

Tabla 1

Resultados de la evaluación del nivel de accidentabilidad (Y), factores psicológicos (X1), factores organizacionales (X2) y otros factores (X3).

N	Y	X1	X2	X3
1	8	11	11	10
2	8	13	11	11
3	9	13	12	11
4	11	13	15	11
5	9	13	12	11
6	6	8	8	10
7	7	12	11	10
8	7	13	11	12
9	7	11	9	12
10	8	12	13	10
11	8	11	13	12
12	8	13	13	12
13	7	11	9	12
14	8	13	11	12
15	9	13	10	12
16	8	12	14	12
17	8	12	13	12
18	8	11	11	12
19	12	14	12	12
20	11	14	14	13
21	8	11	10	12
22	5	11	10	8
23	8	12	13	8
24	12	14	15	11
25	11	14	14	11
26	8	13	13	12
27	6	8	9	8
28	8	12	11	11
29	10	13	13	13
30	8	12	13	11
31	9	13	11	12
32	7	8	9	9
33	10	12	13	13
34	11	14	15	12
35	9	13	12	13
36	9	13	12	13
37	9	12	11	12
38	7	12	10	11
39	7	9	10	9
40	9	13	11	14
41	7	11	10	11
42	9	13	12	11
43	6	10	10	9
44	10	15	11	12
45	8	13	11	11
46	8	12	11	12
47	8	12	10	12
48	8	12	12	12
49	9	12	11	12
50	9	13	12	12

Análisis de regresión lineal simple Análisis de los gráficos de dispersión

En los gráficos de dispersión 1, 2 y 3, se puede apreciar que existe una tendencia lineal, positiva entre nivel de accidentabilidad (Y) – factores psicológicos (X1), nivel de accidentabilidad (Y) – factores organizacionales (X2) y nivel de accidentabilidad (Y) – otros factores (X3).

Figura 1

Diagrama de dispersión, nivel de accidentabilidad (Y) – Factores psicológicos (X1).

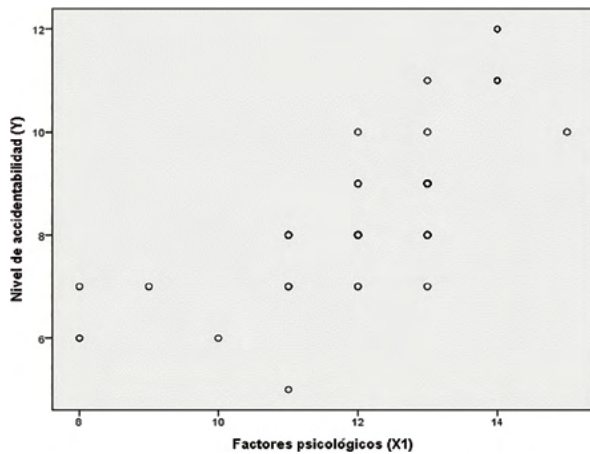


Figura 2

Diagrama de dispersión, Nivel de accidentabilidad (Y) – Factores organizacionales (X2).

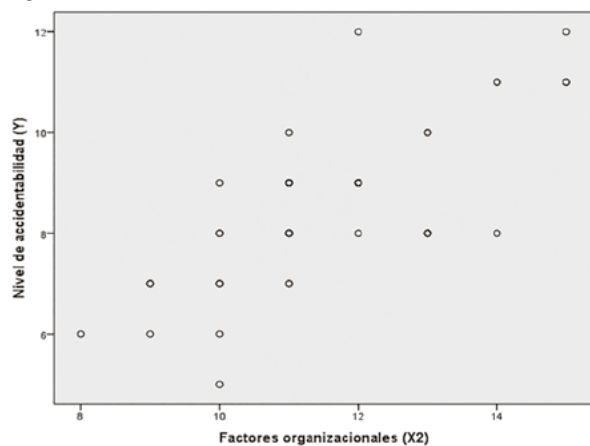
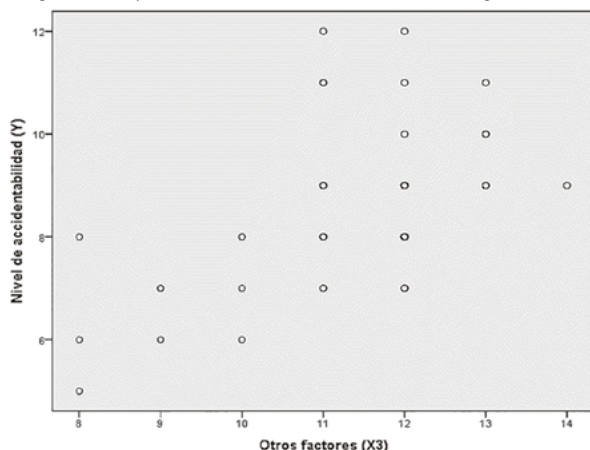


Figura 3

Diagrama de dispersión, nivel de accidentabilidad (Y) – Otros factores (X3).



Análisis de los estadísticos descriptivos y del coeficiente de correlación lineal simple

En la Tabla 2, se muestra los estadísticos descriptivos de las observaciones donde la mayor media lo tienen los factores psicológicos, esto da un indicio, *a priori*, que puede ser la variable que más influye en la ocurrencia de accidentes comparado con las otras variables; la menor media, es para el nivel de accidentabilidad. La variable que muestra la mayor desviación típica, son los factores organizacionales y; la que tiene menor desviación típica, son los otros factores.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
Nivel de accidentabilidad (Y)	8,40	1,512	50
Factores psicológicos (X1)	12,10	1,529	50
Factores organizacionales (X2)	11,56	1,668	50
Otros factores (X3)	11,32	1,347	50

En la Tabla 3, se puede observar el coeficiente de correlación de Pearson, notándose que la mayor correlación existe entre nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X1), con 0,742; esto da otro indicio que los factores psicológicos es la variable que más influye en la ocurrencia de accidentes; el menor coeficiente de correlación, es entre Nivel de accidentabilidad (Y) y Otros factores (X3) con 0,517.

Tabla 3

Correlación lineal simple.

	Nivel de accidentabilidad (Y)	Factores psicológicos (X1)	Factores organizacionales (X2)	Otros factores (X3)
Nivel de accidentabilidad (Y)	Correlación de Pearson	1	,742**	,711**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	50	50	50
Factores psicológicos (X1)	Correlación de Pearson	,742**	1	,642**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	50	50	50
Factores organizacionales (X2)	Correlación de Pearson	,711**	,642**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	50	50	50
Otros factores (X3)	Correlación de Pearson	,517**	,579*	,291*
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,040
	N	50	50	50

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Modelos de regresión lineal simple

- Modelo de regresión lineal simple: nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X1).

Tabla 4

Resumen del modelo.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,742 ^a	,550	,541	1,024

a. Variables predictoras: (Constante), Factores psicológicos (X1)

Tabla 5ANOVA^a.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	61,624	1	61,624	58,718	,000 ^b
	Residual	50,376	48	1,049		
	Total	112,000	49			

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Variables predictoras: (Constante), Factores psicológicos (X1)

Tabla 6Coeficientes^a.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t
	B	Error tip.	Beta	
1	(Constante)	-.477	1,167	-.4C
	Factores psicológicos (X1)	,734	,096	,742

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

$$Y = -0,477 + 0,734 * X1$$

Nivel de accidentabilidad = -0,477 + 0,734 * Factores psicológicos.

- b. Modelo de regresión lineal simple: nivel de accidentabilidad (Y) y factores organizacionales (X2).

Tabla 7

Resumen del modelo.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error tip. de la estimación
1	,711 ^a	,505	,495	1,075

a. Variables predictoras: (Constante), Factores organizacionales (X2)

Tabla 8ANOVA^a.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	56,550	1	56,550	48,951	,000 ^b
	Residual	55,450	48	1,155		
	Total	112,000	49			

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Variables predictoras: (Constante), Factores organizacionales (X2)

Tabla 9Coeficientes^a.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t
	B	Error tip.	Beta	
1	(Constante)	,955	1,075	,8E
	Factores organizacionales (X2)	,644	,092	,711

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

$$Y = 0,955 + 0,644 * X2$$

Nivel de accidentabilidad = 0,955 + 0,644 * Factores organizacionales.

- c. Modelo de regresión lineal simple: nivel de accidentabilidad (Y) y otros factores (X3).

Tabla 10

Resumen del modelo.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error tip. de la estimación
1	,517 ^a	,267	,252	1,307

a. Variables predictoras: (Constante), Otros factores (X3)

Tabla 11ANOVA^a.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	29,957	1	29,957	17,526	,000 ^b
	Residual	82,043	48	1,709		
	Total	112,000	49			

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Variables predictoras: (Constante), Otros factores (X3)

Tabla 12Coeficientes^a.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Si
	B	Error tip.	Beta		
1	(Constante)	1,828	1,581	1,157	
	Otros factores (X3)	,581	,139	,517	4,186

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

$$Y = 1,828 + 0,581 * X3$$

Nivel de accidentabilidad = 1,828 + 0,581 * Otros factores.

Análisis de regresión lineal múltiple del modelo determinístico

Modelo de regresión lineal múltiple

Tabla 13

Resumen del modelo.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error tip. de la estimación
1	,816 ^a	,666	,644	,902

a. Variables predictoras: (Constante), Otros factores (X3), Factores organizacionales (X2), Factores psicológicos (X1)

Tabla 14ANOVA^a.

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	74,553	3	24,851	30,527	,000 ^b
	Residual	37,447	46	,814		
	Total	112,000	49			

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Variables predictoras: (Constante), Otros factores (X3), Factores organizacionales (X2), Factores psicológicos (X1)

Tabla 15Coeficientes^a.

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t
	B	Error tip.	Beta	
1	(Constante)	-2,721	1,255	-2,1E
	Factores psicológicos (X1)	,360	,130	,364
	Factores organizacionales (X2)	,384	,102	,424
	Otros factores (X3)	,206	,118	,183

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

$$Y = -2,721 + 0,360 * X1 + 0,324 * X2 + 0,206 * X3$$

Nivel de accidentabilidad = -2,721 + 0,360 * Factores psicológicos + 0,324 * Factores organizacionales + 0,206 * Otros factores.

Discusión

Discusión de modelo de regresión lineal simple: nivel de accidentabilidad (Y) y Factores psicológicos (X1)

Con respecto al modelo de regresión lineal simple para el nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X1); en la Tabla 6, se aprecia que el Sig para la constante es igual a 0,685, esto indica que es mayor a 0,05; en consecuencia, se puede asumir que no tiene significancia a un nivel de 0,05.

Se procedió a eliminar la constante y se obtuvo nuevos resultados y una ecuación de regresión lineal simple para el nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X1) corregida con un Sig de 0,000 menor a 0,05.

Tabla 16

Coefficientes^{a,b}

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t
	B	Error típ.	Beta	
1 Factores psicológicos (X1)	,695	,012	,993	58,9E

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Regresión lineal a través del origen

$$Y = 0,695 * X1$$

Nivel de accidentabilidad = 0,695 * Factores psicológicos

Discusión del modelo de regresión lineal simple: nivel de accidentabilidad (Y) y factores organizacionales (X2)

Con respecto al modelo de regresión lineal simple para el nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X2); en la Tabla 9, se aprecia que el Sig para la constante es igual a 0,379 esto indica que es mayor a 0,05; en consecuencia, se puede asumir que no tiene significancia a un nivel de 0,05.

Se procedió a eliminar la constante y se obtuvo nuevos resultados y una ecuación de regresión lineal simple para el nivel de accidentabilidad (Y) y factores organizacionales (X2) corregida con un Sig de 0,000 menor a 0,05.

Tabla 17

Coefficientes^{a,b}

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t
	B	Error típ.	Beta	
1 Factores organizacionales (X2)	,725	,013	,992	55,817

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Regresión lineal a través del origen

$$Y = 0,725 * X2$$

Nivel de accidentabilidad = 0,725 * Factores organizacionales

Discusión del modelo de regresión lineal simple: Nivel de accidentabilidad (Y) y otros factores (X3)

Con respecto al modelo de regresión lineal simple

para el nivel de accidentabilidad (Y) y otros factores (X3); en la Tabla 12 se aprecia que el Sig para la constante es igual a 0,253 esto indica que es mayor a 0.05 en consecuencia se puede asumir que no tiene significancia a un nivel de 0,05.

Se procedió a eliminar la constante y se obtuvo nuevos resultados y una ecuación de regresión lineal simple para el nivel de accidentabilidad (Y) y otros factores (X3), corregida con un Sig de 0,000 menor a 0,05.

Tabla 18

Coefficientes^{a,b}

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Si
	B	Error típ.	Beta		
1 Otros factores (X3)	,740	,016	,988	45,454	

a. Variable dependiente: Nivel de accidentabilidad (Y)

b. Regresión lineal a través del origen

$$Y = 0,740 * X2$$

Nivel de accidentabilidad = 0,740 * Otros factores

Conclusiones

- El modelo determinístico para pronosticar accidentes de trabajo, es el siguiente:

$$Y = - 2,721 + 0,360 * X1 + 0,324 * X2 + 0,206 * X3$$
 Nivel de accidentabilidad = - 2,721 + 0,360 * Factores psicológicos + 0,324 * Factores organizacionales + 0,206 * Otros factores.
- El modelo determinístico para pronosticar accidentes de trabajo tiene un coeficiente de correlación lineal múltiple de 0,816; esto indica que, tiene alta correlación.
- El modelo determinístico para pronosticar accidentes de trabajo tiene un coeficiente de determinación 0,666; ello indica que, el 66,6 % de la variabilidad de niveles de accidentabilidad (Y) se explican por las variables factores psicológicos (X1), factores organizacionales (X2) y otros factores(X3).
- Modelo de regresión lineal simple, nivel de accidentabilidad (Y) y factores psicológicos (X1). $Y = -0,477 + 0,734 * X1$. Tiene una correlación alta de 0,742 y un coeficiente de determinación de 0,550; ello quiere decir que, el 55 % de la variabilidad del nivel de accidentabilidad es explicado por los factores psicológicos.
- Modelo de regresión lineal simple, nivel de accidentabilidad (Y) y factores organizacionales (X2). $Y = 0,955 + 0,644 * X2$. Tiene una correlación alta de 0,711 y un coeficiente de determinación de 0,505; ello quiere decir que, el 50.50 % de la variabilidad del nivel de accidentabilidad es explicado en un por los factores organizacionales.

- El Modelo de regresión lineal simple, nivel de accidentabilidad (Y) y otros factores (X3). $Y = 1,828 + 0,581 * X3$. Tiene una correlación moderada de 0,517 y un coeficiente de determinación de 0,267; ello quiere decir que, el 26,70 % de la variabilidad del nivel de accidentabilidad es explicado por otros factores.

Recomendaciones

- Para reducir el margen de error de los pronósticos por medio del modelo determinístico, se debe identificar cuáles son los otros factores que explican la variabilidad del nivel de accidentabilidad, esto tendrá como consecuencia el incremento del coeficiente de correlación y el coeficiente de determinación del modelo.
- Para generar un modelo más preciso se debería combinar con un modelo de tipo probabilístico, debido a que la variable nivel de accidentabilidad en unos casos tiene un comportamiento aleatorio, se quiere indicar que los accidentes pueden ocurrir al azar.
- Sería necesario implementar pronósticos con series de tiempos y comparar resultados.

Referencias bibliográficas

- Aracil, J. (1986). *Introducción a la dinámica de sistemas*. Alianza Editorial. Madrid.
- Coss Bu, R. (1998). *Simulación un enfoque práctico*. Mexico: Limusa
- Harrell, C. Tumay, K. (1995). *Simulation Made Easy. A Manager's Guide*. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press.
- Harrington, H. J.; Tumay, K. (1999). *Simulation modeling models*. McGraw Hill New York. USA. High Performance Systems: <http://www.hps-inc.com>
- Houck, E. C.; Cooley, B. J. (1983). *Experimental strategies for the estimation of optimum operating conditions in simulation studies*. Winter Simulation Conference. USA. <http://lionrtpub.com/software-surveys.shtm> <http://www.wintersim.org>
- Modelo determinista*. (2021, 4 de abril). Wikipedia, La enciclopedia libre. Fecha de consulta: 02:50, abril 27, 2021 desde https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Modelo_determinista&oldid=142707568.
- Shannon, Robert; Johannes, James D. (1976). *Systems simulation: the art and science*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 6(10). pp. 723-724
- Tamayo M. (2008). *El Proceso de la Investigación Científica*. Limusa. Cuarta Edición.
- Walpole, M. (2018). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson Prentice Hall. Octava Edición. 2007.