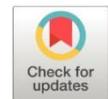


Rendimiento de mano de obra en cielo raso. Caso de estudio: ciudad de Cuenca

Labor performance in ceiling. Study case: Cuenca city

- ¹ Jorge Luis Zhicay Arbito  <https://orcid.org/0009-0000-1909-5132>
Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable,
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
jorge.zhicay.67@est.ucacue.edu.ec
- ² Carlos Julio Calle Castro  <https://orcid.org/0000-0002-6891-0030>
Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable,
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
cjcallec@ucacue.edu.ec
- ³ Nayra Mendoza Enríquez  <https://orcid.org/0000-0002-6673-2306>
Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable,
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
nayra.mendoza@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/12/2023

Revisado: 18/01/2024

Aceptado: 08/02/2024

Publicado: 05/03/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2940>

Cítese: Zhicay Arbito, J. L., Calle Castro, C. J., & Mendoza Enríquez, N. (2024). Rendimiento de mano de obra en cielo raso. Caso de estudio: ciudad de Cuenca. *ConcienciaDigital*, 7(1.3), 91-112. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.3.2940>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras**claves:**

Rendimiento de mano de obra, Cielo raso, Modelo matemático, Regresión lineal, Proyección de rendimiento.

Resumen

Introducción. La colocación de cielo raso es una tarea esencial en la construcción, cuyos rendimientos son clave para la planificación y ejecución eficientes de proyectos. Sin embargo, los enfoques actuales de predicción del rendimiento en esta actividad a menudo son simplistas al asumir una linealidad en los resultados, sin considerar la variabilidad inherente en el desempeño de los obreros.

Objetivo. El objetivo primordial de este estudio es la creación de un modelo matemático eficiente para proyectar el rendimiento de la mano de obra en proyectos de instalación de cielo raso en la ciudad de Cuenca, particularmente en la parroquia San Sebastián.

Metodología. Se implementó una metodología de enfoque relacional-descriptivo con un enfoque cuantitativo. Se inició con una exhaustiva revisión de la literatura para identificar los posibles factores que podrían influir en el rendimiento de la mano de obra. Con esta información, se diseñó una ficha de observación que se aplicó a 45 trabajadores en seis diferentes sitios de construcción dentro de la zona de estudio. Los datos recopilados fueron analizados mediante un software estadístico para establecer un modelo matemático que permitiera predecir el rendimiento de los obreros en función de los factores identificados. Posteriormente, se compararon estos valores con el rendimiento real y teórico obtenido. **Resultados.** Uno de los hallazgos más destacados fue la notable diferencia entre el rendimiento real de los obreros y el rendimiento teórico, indicando que el rendimiento no sigue una tendencia lineal en el tiempo y varía en función de diversos factores como las condiciones climáticas, el equipo utilizado, la supervisión y las características individuales del trabajador. **Conclusión.** El modelo matemático desarrollado en esta investigación demostró ser eficaz para prever el rendimiento de los obreros en base a los factores analizados. **Área de estudio general:** Ingeniería, Industria y Construcción. **Área de estudio específica:** Administración de la Construcción

Keywords:

Labor performance, Ceiling, Mathematical model, Linear

Abstract

Introduction. Ceiling installation is an essential task in construction, whose performance is key to efficient project planning and execution. However, current approaches to predicting performance in this activity are often simplistic in that they assume linearity in results, without considering the inherent variability in

regression,
Performance
projection.

worker performance. **Objective.** The main objective of this study is the creation of an efficient mathematical model to project labor performance in ceiling installation projects in the city of Cuenca, particularly in the San Sebastian parish. **Methodology.** A relational-descriptive methodology with a quantitative approach was implemented. It began with an exhaustive review of the literature to identify possible factors that could influence labor performance. With this information, an observation form was designed and applied to 45 workers at six different construction sites within the study area. The data collected were analyzed using statistical software to establish a mathematical model to predict the performance of the workers based on the factors identified. Subsequently, these values were compared with the actual and theoretical performance obtained. **Results.** One of the most outstanding findings was the notable difference between the actual performance of the workers and the theoretical performance, indicating that performance does not follow a linear trend over time and varies according to various factors such as climatic conditions, equipment used, supervision and individual worker characteristics. **Conclusion.** The mathematical model developed in this research proved to be effective in predicting worker performance based on the factors analyzed.

Introducción

En el panorama competitivo actual del sector de la construcción, donde las empresas se esfuerzan por diferenciarse, la capacidad de evaluar y mejorar la productividad emerge como un factor crucial para alcanzar una posición destacada en el mercado (Azeem et al., 2020). Una manera para mejorar esta productividad es a través del perfeccionamiento en la comprensión del rendimiento de los trabajadores, pues son los obreros quienes, a través de sus capacidades pueden ejecutar las actividades de manera efectiva para cumplir con los tiempos de entrega de manera oportuna (Shehata y Gohary, 2019).

El Rendimiento de la Mano de Obra (RMO) se puede conceptualizar como la cantidad de trabajo que un obrero puede realizar en un período de tiempo determinado y representa un indicador clave de la productividad laboral que puede ser un factor importante en el éxito o fracaso de cualquier empresa o proyecto. Por lo general, el control o identificación del RMO durante una actividad constructiva se lo realiza mediante estándares nacionales, internacionales, locales o normativos que permiten conocer cuál es la cantidad de trabajo

(m²) realizado que se puede esperar de un obrero por cada jornada laboral ya sea medida en días, horas o minutos (Assaad et al., 2022).

Sin embargo, el RMO no es una cantidad constante que se pueda utilizar en todos los contextos de la construcción, pues el rendimiento que se puede esperar de un obrero va a depender de muchos factores, tanto externos como internos que van a provocar variaciones (Ángeles et al., 2022). Entre los factores que pueden influenciar el RMO se encuentran: administrativos, contractuales, personales, técnicos, procedimentales e incluso culturales que pueden variar de región a región que van a provocar una diversificación del rendimiento que se puede obtener de un trabajador, según el contexto socio-cultural en donde se emplace la obra (Van et al., 2021).

Los factores anteriormente mencionados conllevan que los administradores realicen sus planificaciones de trabajo con mayor incertidumbre, ya que no hay garantía de que los trabajadores puedan cumplir con la carga de trabajo requerida dentro del plazo previsto. Además, si un director de construcción organiza meticulosamente su trabajo basándose en un presupuesto de rendimiento predeterminado y, posteriormente, los trabajadores no cumplen con los estándares previstos, se puede incumplir los plazos de entrega. Esto puede generar diversas complicaciones, incluido: el aumento de gastos, complicaciones legales y descontento del cliente, entre otras cuestiones (Wang et al., 2023).

En el marco local, específicamente en Cuenca-Ecuador que es donde se lleva a cabo esta investigación, los administradores de obras no están exentos de la realidad antes mencionada, pues en esta ciudad, los gestores de obra también deben trabajar con incertidumbre al momento de realizar sus planificaciones, pues, pese a tener datos de RMO provenientes de organizaciones como la cámara de construcción y de colegios profesionales emplazados en Cuenca, la pluriculturalidad de los obreros, diferentes estilos de trabajo y la falta de estandarización en la ejecución de obras de esta ciudad dificulta significativamente esta labor (Encalada y Calle, 2021; Fajardo y Quizhpe, 2021).

Por el contrario, hay tareas de construcción que, si bien no suelen considerarse críticos, tienen la capacidad de provocar retrasos importantes si no se planifican adecuadamente. Estas tareas incluyen la instalación del cielo raso, una actividad que a menudo se subestima en términos de su influencia en la duración total de un proyecto. Si bien puede parecer menos importante en comparación con otras fases de construcción, la implementación efectiva de la instalación del techo es crucial para mantener los cronogramas y gestionar los costos. Por lo tanto, es importante abordar este esfuerzo con una estrategia meticulosa y una comprensión integral de las variables que impactan la eficiencia de la fuerza laboral dedicada a este objetivo (Arias et al., 2022).

Ante la problemática previamente mencionada, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede proyectar de manera eficaz el rendimiento de la mano de

obra en proyectos de instalación de cielo raso? Con el fin de abordar este interrogante, el propósito de esta investigación es aplicar un modelo matemático, para formular una proyección del rendimiento de la mano de obra en la actividad de instalación de cielo raso en Cuenca, a través de la caracterización de una de sus parroquias más importantes, es decir la Parroquia San Sebastián. El objetivo final de esta investigación es reducir la incertidumbre que afrontan los gestores de proyectos de construcción en esta área.

La proyección del RMO en proyectos de construcción durante la fase de instalación de cielo raso no solo reducirá significativamente la incertidumbre que enfrentan los gerentes de construcción, sino que también proporcionará información valiosa sobre los factores, tanto internos como externos, que ejercen una influencia significativa en el rendimiento de los trabajadores. Esto, a su vez, facilitará la planificación más efectiva de proyectos, aumentando la eficiencia y la satisfacción tanto de la industria de la construcción como de sus clientes.

Los principales destinatarios de esta investigación son las empresas constructoras, los directores de proyectos y los trabajadores de la construcción. Podrán utilizar los resultados y pronósticos obtenidos del modelo matemático para mejorar la planificación e implementación de proyectos de instalación de cielo raso. Además, la comunidad en general experimentará ventajas como una mayor eficiencia en la finalización de proyectos de construcción y la posibilidad de reducir gastos. Estos beneficios contribuirán al crecimiento y progreso a largo plazo de la Parroquia San Sebastián y de la Ciudad de Cuenca en general.

En esta investigación, la variable dependiente analizada es el RMO en la actividad de instalación de cielo raso. Mientras que las variables independientes que se estudian comprenden una serie de factores, tanto internos como externos, relacionados con estas tareas que ejercen influencia sobre el rendimiento. Para lograr una comprensión más sólida de estas variables, se proporciona a continuación un marco de referencia detallado:

Rendimiento de Mano de Obra (RMO) y factores que lo afectan

El desempeño de la fuerza laboral en la industria de la construcción es un factor crucial que impacta directamente en la finalización exitosa de los proyectos. Tanto las empresas constructoras como los gestores de proyectos consideran crucial la capacidad de predecir y gestionar eficientemente este desempeño. Sin embargo, comprender los diversos factores que influyen en el desempeño de los trabajadores en este ámbito es una tarea compleja, ya que abarca un amplio espectro de elementos, que van desde las condiciones laborales y administrativas hasta los factores individuales. Esta sección examinará diferentes puntos de vista y metodologías relativas al RMO y analizará el impacto de estos factores en la productividad y eficacia del trabajo en la industria de la construcción.

En primera instancia, el RMO en el contexto de la industria de la construcción se define de manera práctica y funcional como la cantidad de trabajo realizado en metros cuadrados (m²) por unidad de tiempo, generalmente expresada en horas, lo que se representa como m²/hora (Assaad et al., 2022). Según datos de la Cámara de Construcción de Cuenca, la mayoría de las actividades constructivas ya cuentan con estándares establecidos por diversas organizaciones especializadas en la medición del RMO. En otras palabras, cada actividad en el sector de la construcción posee una tasa mínima de metros cuadrados por hora que se considera como norma o rendimiento satisfactorio (Espinoza et al., 2023).

Para garantizar que un empleado de la industria de la construcción cumpla con los estándares mínimos o satisfactorios de desempeño, es crucial crear un ambiente de trabajo favorable que facilite el cumplimiento eficiente de sus tareas. Este contexto abarca factores como legislación y regulaciones, normas culturales, recursos, dinámica laboral, condiciones de trabajo, así como elementos ambientales internos y externos, entre otros. También destacan la importancia de identificar rápida y adecuadamente los factores que podrían influir en el desempeño durante la fase de contratación y la ejecución del proyecto. No comprender estos elementos puede afectar negativamente el rendimiento general y provocar retrasos (Lakhiar et al., 2021).

En cuanto a la identificación de factores que influyen en el RMO, se han considerado múltiples perspectivas. Factores como la comunicación ineficaz en el lugar de trabajo, la autonomía laboral limitada, el diseño del entorno laboral subóptimo, la ausencia de proactividad y la incapacidad para proponer ideas y enfoques innovadores para la ejecución de tareas pueden disminuir considerablemente el desempeño de los trabajadores (Diamantidis y Chatzoglou, 2019). Desde otro punto de vista, se puede considerar que el desempeño se ve afectado principalmente por factores inherentes a los trabajadores, como capacidades cognitivas limitadas, experiencia laboral insuficiente, conocimiento inadecuado en el trabajo de construcción y falta de disciplina (Manoharan et al., 2022).

Sin embargo, el impacto sustancial de los factores administrativos en el RMO de los trabajadores, se puede abordar desde un punto de vista diferente al de los autores anteriormente mencionados. Factores como la gestión y coordinación del sitio, el liderazgo, la administración financiera, la planificación, el compromiso y la coordinación entre la gerencia y los contratistas pueden mejorar o dificultar el desempeño de los empleados (Dixit, 2019). La gestión ineficaz de un proyecto de construcción puede afectar significativamente el rendimiento. Esto incluye cuestiones como el empleo de trabajadores no calificados, capacitación y desarrollo inadecuado de la fuerza laboral, problemas logísticos, errores, omisiones y retrabajos, así como congestión y hacinamiento en el área de trabajo, junto con una coordinación insuficiente (Assaad et al., 2022).

Las contribuciones anteriores han presentado diversas perspectivas sobre los factores que influyen en el desempeño laboral en la industria de la construcción. Sin embargo, en esta investigación adoptaremos el enfoque sugerido por Luis Fernando Botero. El estudio de Botero presenta un enfoque holístico que toma en cuenta diversos factores como económicos, laborales, condiciones climatológicas, actividades, equipamiento, supervisión y aspectos específicos de los trabajadores. Este enfoque abarca y amplía los puntos de vista mencionados anteriormente, ofreciendo una perspectiva más integral para evaluar el desempeño de la fuerza laboral (RMO) desde múltiples dimensiones (Botero, 2002).

Los siguientes son los factores identificados por Botero que impactan el desempeño laboral en el sector de la construcción. Estos factores abarcan una multitud de dimensiones: El factor "Clima" abarca la evaluación de las condiciones ambientales en el lugar de trabajo, incluidos aspectos como la temperatura, las precipitaciones y las condiciones del suelo. Las condiciones climáticas pueden ejercer una influencia sustancial en la eficiencia de los trabajadores. El factor "Actividad" se refiere a las acciones realizadas por los trabajadores en la construcción y engloba elementos como la complejidad de las tareas, el nivel de riesgo involucrado, la consistencia de las actividades, el nivel de orden y limpieza durante la ejecución, la tipicidad de las actividades y la organización de los espacios de trabajo.

Por el contrario, el aspecto "Equipo" engloba componentes cruciales como la accesibilidad a herramientas adecuadas para cada tarea, la presencia de equipos de seguridad, el suministro continuo de materiales y otros recursos imprescindibles para la ejecución de los trabajos de construcción. El factor "Supervisión" se refiere a los procedimientos involucrados en la supervisión de los trabajadores y sus tareas, abarcando elementos tales como orientación, instrucción, seguimiento, capacitación y garantía de la calidad del trabajo. El factor "Trabajador" se refiere a las circunstancias individuales de cada trabajador, teniendo en cuenta factores como el grado de fatiga acumulada, la capacidad para realizar tareas, los conocimientos previos y la formación recibida. Estos componentes específicos también impactan la eficiencia de la mano de obra de la construcción.

En resumen, se puede observar en esta sección que el desempeño laboral en la industria de la construcción es un fenómeno complejo que abarca una amplia gama de influencias, incluidas las condiciones laborales, factores individuales y aspectos administrativos y económicos. Varios puntos de vista han enfatizado la importancia de comprender y controlar estos factores para lograr el desempeño más favorable del trabajador. La implementación del enfoque integral que considere diferentes puntos de vista proporciona una visión holística que toma en cuenta todos estos factores en conjunto, lo cual es crucial para mejorar la productividad y la eficiencia en la industria de la construcción. Un examen

en profundidad de estos factores permitirá a las empresas constructoras y a los gerentes de proyectos tomar decisiones bien informadas e idear estrategias eficientes para mejorar el desempeño laboral en este contexto particular.

Regresión lineal como modelo de proyección del rendimiento

La Regresión Lineal (RL) es un poderoso modelo matemático ampliamente empleado en estadística para proyectar, predecir y entender el comportamiento de un fenómeno en función de variables relevantes. En el contexto de la industria de la construcción, la RL desempeña un papel significativo, permitiendo la proyección de variables clave, como el RMO. En esta sección, exploraremos los fundamentos de la RL, sus diversas variantes, fórmulas y respaldo a través de investigaciones, destacando su importancia en la predicción y gestión del rendimiento en este sector.

La RL se puede definir como una técnica estadística empleada para establecer un modelo matemático que representa la conexión entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Se emplea para pronosticar el valor de la variable dependiente considerando los valores de variables autónomas. En la RL simple existe una única variable independiente, mientras que en la RL múltiple hay dos o más variables independientes. Para los fines de esta investigación, se empleará la regresión lineal múltiple (Maulud y Mohsin, 2020). La expresión de esta variable se presenta a continuación en la fórmula 1.

$$y = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_N * X_n \quad (1)$$

Donde:

- y = Variable de interés o variable dependiente
- X_1, X_2, \dots, X_n = variables independientes
- b_0 = término independiente, valor esperado de y cuando X_1, \dots, X_n son cero
- b_1 = mide cambio en y por cada cambio unitario en X_1 , manteniendo X_2, X_3, \dots, X_n constantes
- b_2 = mide el cambio en y por cada cambio unitario en X_2 , manteniendo X_1, X_3, \dots, X_n constantes
- b_n = mide el cambio en y por cada cambio unitario en X_n , manteniendo X_1, \dots, X_{n-1} constantes

La RL tiene múltiples usos, entre los cuales, se destacan la proyección de rendimientos, un ejemplo de esto es la investigación titulada: “Análisis de Rendimiento y/o Productividad de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en la Ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana: Etapa de Estructuras” en la cual, se utilizaron el modelo de RL múltiple para establecer los modelos de ecuaciones que representan

matemáticamente el comportamiento de las actividades objeto de estudio, con respecto a los factores de afectación y su incidencia en el rendimiento y/o la productividad de la mano de obra en edificaciones del Área Metropolitana de Bucaramanga (Molina y Páez, 2013).

Asimismo, el estudio titulado: “Terminación del rendimiento de mano de obra en 1/4' pavimentos rígidos de la ciudad de huancavelica, aplicando el modelo de regresión múltiple con variables ficticia” en Perú específicamente en la ciudad de Huancavelica, quienes usaron la RL para predecir el rendimiento que se puede obtener de los obreros en la colocación de pavimentos rígidos o en el plano local (Cayetano y Zuñiga, 2015). La investigación titulada: “Rendimiento de mano de obra en excavaciones a mano mediante regresión lineal. Caso de estudio: ciudad de Cuenca” quienes usaron la RL para predecir cual es el rendimiento que pueden esperar de los obreros en la actividad de excavaciones a mano en la ciudad de Cuenca (Tola et al., 2023).

Como se ha evidenciado en los aportes de esta sección, la RL se presenta como un modelo estadístico coherente y adecuado para el propósito central de esta investigación: proyectar el rendimiento de la mano de obra. Específicamente, la RL múltiple ha surgido como la opción más apropiada, dada su capacidad para incorporar múltiples variables independientes y su aplicabilidad en la predicción del rendimiento de los trabajadores. Este modelo se establecerá como una sólida base para anticipar el rendimiento en la instalación de cielo raso en la ciudad de Cuenca, teniendo en cuenta los factores que influyen en dicha actividad.

Metodología

Diseño

El diseño de investigación empleado en este estudio se alinea con el tipo relacional-descriptivo. Su objetivo es examinar el impacto de diversos factores externos e internos en el desempeño de los trabajadores que se dedican a la colocación de cielo raso dentro de la parroquia San Sebastián ubicada en la Ciudad de Cuenca, Ecuador. De manera similar, se emplea un enfoque cuantitativo, ya que los datos y el análisis utilizados en la investigación se realizan estadísticamente a través de un software de análisis numérico. Para esta investigación, nos centraremos en el desempeño laboral de los empleados como variable dependiente.

El paso inicial de la metodología mencionada implica presentar los criterios utilizados para el instrumento de recolección de datos que se utilizó para la toma de la información que se muestra en la tabla 1. El cuadro comienza con las variables descritas en la literatura de Botero, mencionados anteriormente en la sección teórica de la introducción que incluyen las condiciones climáticas, factores asociados con la actividad misma, el tipo y

calidad del equipo de los trabajadores, la frecuencia y naturaleza de la supervisión proporcionada por la organización y las condiciones específicas de cada trabajador individual. Cada variable se subdivide en diferentes indicadores que tienen una numeración específica que va desde la condición más desfavorable; corresponde a 1, a la condición más favorable; corresponde a 5.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Indicadores	1	2	3	4	5
Clima	Tiempo	Tormenta	Aguacero	Llovizna	Nublado	Despejado
	Temperatura	Muy Caluroso/MuyFrio		Caluroso/Frio		Fresco
	Suelo	Pantanero	Charcos	Piso húmedo	Piso seco	Piso duro
	Cubierta	Sol		Normal		Sombra
Actividad	Dificultad	Difícil		Normal		Fácil
	Peligro	Peligrosa	Riesgosa	Normal	Moderado	Ningún peligro
	Interrupciones	≥ 1 hora	15≥60 min	5≥15 min	0≥5 min	Ninguna
	Orden y aseo	Difícil acceso	Escombros	Transitable	Poca suciedad	Aseo total y orden
	Actividades precedentes	Repetir	Mucho resane	Poco resane	Aceptable	Perfecta
	Tipicidad	De 1 a 5	De 5 a 10	De 10 a 15	De 15 a 20	Más de 20
	Tajo (Espacio de trabajo)	Muy estrecho	Estrecho	Normal	Amplio	Muy amplio
Equipamiento	Herramienta	Inadecuada		Adecuada		Especial
	Equipo	Inadecuada		Adecuada		Especial
	Mantenimiento	Nulo		Aceptable		Bueno
	Suministro	Nunca		A veces		Siempre
	Elemento de protección	Ninguno		Casi todos		Todos
Supervisión	Dirección (criterios de aceptación)	Ninguno	Informales	Verbales	Verbales previos	Bajo escrito
	Instrucción	Ninguna		Verbal - requerida		Documento requerido
	Seguimiento	Sin revisión		Revisión eventual		Siempre
	Supervisor (Maestro)	Malo		Regular		Bueno
	Aseguramiento de Calidad	No existe	Esfuerzos aislados	Inventoría	En proceso	Certificado ISO

Tabla 1

Operacionalización de variables (continuación)

Variable	Indicadores	1	2	3	4	5
Trabajador	Situación personal	Neurótico	Triste	Normal	Buena	Excelente
	Ritmo de trabajo	Lento		Normal		Rápido
	Salud	Enfermo		Normal		Excelente
	Habilidad	Inexperto		Hábil		Experto
	Capacitación	Ninguna	Aprendiz	Requerida	Experto	Certificado
Laborales	Contrato	Administración			Subcontratación	
	Sindicato	Si				No
	Incentivos	No				Si
	Salario	SMLV				≥SMLV
	Seguridad social	Si				No

Nota. Adaptado de Botero (2002)

Elaborado por: Autores

El universo de estudio de la presente investigación abarca las construcciones en curso dentro de la parroquia de San Sebastián. La selección poblacional se centra en las edificaciones de una y dos plantas que se encuentran en la fase de instalación de cielo raso, contando con los permisos pertinentes emitidos por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) municipal de Cuenca. La muestra de estudio se determinó siguiendo un riguroso criterio: se eligieron construcciones que estuvieran actualmente en la etapa de colocación de cielo raso durante el período de recolección de datos, con administradores dispuestos a colaborar proporcionando los permisos y el acceso necesario para el estudio, y obras que no hubieran iniciado la colocación del cielo raso antes del inicio de la investigación.

Tras un exhaustivo proceso de selección, se conformó una muestra final de seis construcciones que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos. El proceso de recolección de datos se llevó a cabo con la participación de todos los obreros involucrados en la instalación del cielo raso, lo que resultó en un total de 45 trabajadores observados.

La siguiente fase fue el análisis de los resultados, que estuvo conformado por una prueba de normalidad, relación entre conjuntos categóricos, regresión lineal y una comparación entre los rendimientos teóricos, reales y calculados. En primer lugar, la prueba de Shapiro-Wilk se emplea para determinar si una muestra de datos sigue una distribución normal. Su valor de *p*, habitualmente establecido en 0.05, indica si hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que los datos se originan en una población

con distribución normal. Si el valor de p es mayor que este umbral, no se dispone de pruebas sólidas para rechazar la hipótesis nula, sugiriendo que los datos podrían ser normalmente distribuidos. Sin embargo, si el valor de p es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula, indicando que los datos no se ajustan a una distribución normal.

El análisis de varianza se llevó a cabo tras evaluar la normalidad de los datos y se empleó el método de Kruskal-Wallis, el cual utiliza el cálculo de chi-cuadrado (χ^2) para determinar relaciones entre conjuntos de datos categóricos, prescindiendo de la suposición de normalidad. Los grados de libertad (gl) en este contexto representan las variables independientes que pueden cambiar sin afectar las restricciones establecidas por el análisis. Además, se consideró un nivel de significancia (p) predefinido, comúnmente fijado en 0.05 o 0.01, pero ajustable según el grado de precisión requerido para valorar la importancia estadística de los resultados obtenidos en el estudio. Este nivel de significancia permite determinar si las diferencias entre grupos son lo suficientemente grandes como para no atribuirse simplemente al azar.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal, iniciando con la evaluación de la adecuación del modelo. Se emplearon métricas como el coeficiente de correlación lineal (R) para medir la relación entre las variables y el coeficiente de determinación (R^2) para cuantificar cuánta variabilidad es explicada por el modelo. Además, se utilizaron los criterios de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) con el propósito de evaluar la calidad del modelo, buscando minimizar sus valores. Se recurrió a la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para valorar la precisión del modelo en la predicción de resultados reales, ofreciendo así una evaluación integral de su capacidad predictiva.

Después, los coeficientes del modelo fueron obtenidos utilizando las métricas de desempeño y las variables independientes indicadas en la Tabla 1. Estos coeficientes reflejan diferentes aspectos: el valor estimado representa la pendiente calculada entre las variables, el coeficiente EE mide la precisión de esa estimación y el coeficiente t evalúa las desviaciones significativas. Finalmente, el coeficiente p indica la probabilidad de observar ese coeficiente si no hay una relación real entre las variables. Estas métricas ayudan a entender la fiabilidad de las estimaciones y determinar qué relaciones entre las variables son estadísticamente significativas.

Resultados

Los análisis de normalidad, realizados a través del test de Shapiro-Wilk, revelaron hallazgos significativos, con valores de p por debajo del umbral de 0.05. Estos resultados confirman de manera firme que los datos no exhiben un patrón de distribución normal. Esta discrepancia con la distribución esperada es esencial para determinar las estrategias de análisis estadístico más adecuadas y asegurar la precisión en la interpretación de los resultados posteriores, pues al no seguir una distribución normal se deben usar estrategias

que no sean dispensables de la normalidad como el análisis Kruskal-Wallis que sus resultados se muestran a continuación en la tabla 2:

Tabla 2

Análisis de Kruskal-Wallis

	χ^2	gl	p
Capacitación	38.3	20	0.008
Tiempo	31.8	20	0.045
Temperatura	37.5	20	0.010
Suelo	33.9	20	0.027
Cubierta	26.8	20	0.140
Dificultad	30.7	20	0.060
Peligro	23.1	20	0.284
Interrupciones	27.2	20	0.129
Orden y aseo	12.8	20	0.887
Actividades precedentes	28.8	20	0.092
Tipicidad	28.2	20	0.106
Tajo (Espacio de trabajo)	28.1	20	0.107
Herramienta	28.2	20	0.104
Equipo	27.6	20	0.118
Mantenimiento	37.2	20	0.011
Suministro	29.5	20	0.079
Elemento de protección	40.2	20	0.005
Dirección (criterios de aceptación)	36.6	20	0.013
Instrucción	37.2	20	0.011
Seguimiento	37.3	20	0.011
Supervisor (Maestro)	22.5	20	0.312
Aseguramiento de Calidad	37.5	20	0.010
Situación personal	38.2	20	0.008
Ritmo de trabajo	29.7	20	0.075
Salud	35.9	20	0.016
Habilidad	38.4	20	0.008

Los resultados presentados en la tabla 2 revelan que ciertos factores, tales como capacitación, temperatura, condiciones del suelo, mantenimiento, uso de elementos de protección, dirección (evaluada según criterios específicos), nivel de instrucción,

seguimiento del trabajo, aseguramiento de calidad, situación personal, salud y habilidades, exhiben diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$). Esto indica que estos factores individualmente poseen la capacidad de influir notablemente en el rendimiento de los obreros. En contraste, los restantes factores no alcanzan el mismo nivel de significancia estadística ($p \geq 0.05$). Por lo tanto, se deduce que estos factores no ejercen una influencia significativa en el rendimiento final de los obreros en la actividad evaluada.

Luego, se procede con el cálculo de ajuste del modelo, como se observa en la tabla 3 estos datos revelan un modelo estadístico altamente robusto y preciso. El coeficiente de correlación lineal (R) de 0.963 sugiere una fuerte relación entre las variables del modelo, mientras que el coeficiente de determinación (R^2) de 0.927 indica que aproximadamente el 92.7% de la variabilidad en la variable dependiente puede explicarse por las variables independientes, señalando un poder predictivo notablemente alto. Los valores negativos de AIC (-107) y BIC (-68.7) indican un ajuste favorable del modelo, siendo más bajos los valores que sugieren una mejor adaptación. Por último, el bajo valor de RMSE (Raíz del Error Cuadrático Medio) de 0.0464 indica una mínima diferencia entre las predicciones del modelo y los valores reales, evidenciando una alta precisión en las predicciones del modelo.

Tabla 3

Medidas de ajuste del modelo

Modelo	R	R^2	AIC	BIC	RMSE
1	0.963	0.927	-107	-68.7	0.0464

Con este ajuste se procede con los coeficientes del modelo mostrados en la tabla 4. El valor de -0.98162 indica el rendimiento esperado cuando todas las variables predictoras son cero. Sin embargo, dado que el valor p es mayor que 0.05, no es estadísticamente significativo. En cuanto al factor tiempo el coeficiente de 0.04212 sugiere que un aumento en el tiempo está asociado con un incremento en el rendimiento, pero este efecto no es estadísticamente significativo ($p > 0.05$). Para el factor de temperatura, se observa un coeficiente negativo de -0.55393 indica que a medida que la temperatura aumenta, el rendimiento tiende a disminuir, pero nuevamente, este efecto no es significativo. En cuanto a los demás factores como: Suelo, Cubierta, Dificultad, Peligro, Tajo (Espacio de trabajo), Interrupciones, Orden y aseo, Actividades precedentes, Herramienta, Equipo, Mantenimiento, Suministro, Elemento de protección, Dirección (criterios de aceptación), Seguimiento: Para cada una de estas variables, sus coeficientes y valores p indican su efecto sobre el rendimiento. Sin embargo, ninguno de estos efectos es estadísticamente significativo dado que los valores p son mayores que 0.05.

Tabla 4
Coefficientes del Modelo - Rendimiento

Predictor	Estimador	EE	t	p
Constante	-0.98162	2.8819	-0.3406	0.736
Tiempo	0.04212	0.0323	1.3041	0.204
Temperatura	-0.55393	0.3980	-1.3917	0.176
Suelo	-0.00333	0.0568	-0.0587	0.954
Cubierta	-0.73809	0.4932	-1.4965	0.147
Dificultad	-0.17167	0.0951	-1.8057	0.083
Peligro	-0.02500	0.0762	-0.3280	0.746
Tajo (Espacio de trabajo)	-0.52708	0.3089	-1.7066	0.100
Habilidad	0.12500	0.1164	1.0735	0.293
Interrupciones	0.06336	0.1029	0.6157	0.544
Orden y aseo	0.41393	0.3925	1.0546	0.302
Actividades precedentes	-0.30360	0.2116	-1.4347	0.164
Tipicidad	1.27388	0.8520	1.4951	0.147
Herramienta	-0.19414	0.3479	-0.5580	0.582
Equipo	0.33536	0.3039	1.1036	0.280
Mantenimiento	0.27324	0.3003	0.9098	0.372
Suministro	0.24107	0.2157	1.1174	0.274
Elemento de protección	0.68042	0.3832	1.7756	0.088
Dirección (criterios de aceptación)	1.04507	0.7726	1.3527	0.188
Seguimiento	-0.58771	0.4079	-1.4408	0.162

Con los datos de los estimadores se procede a calcular la formula del modelo matemático mostrado a continuación:

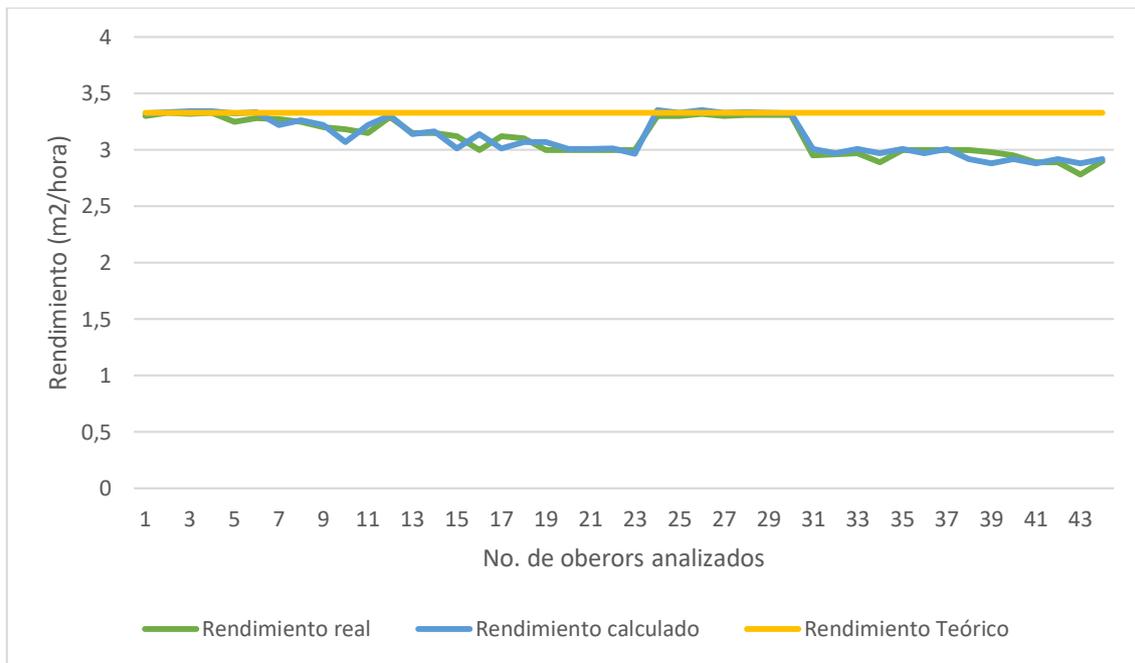
$$\begin{aligned}
 Y = & - 0.98162 + 0.04212 * \text{tiempo} - 0.55393 * \text{temperatura} - 0.00333 * \text{suelo} - \\
 & 0.73809 * \text{cubierta} - 0.17167 * \text{dificultad} - 0.02500 * \text{peligro} - 0.52708 * \text{tajo} + \\
 & 0.12500 * \text{habilidad} + 0.06336 * \text{Interrupciones} + 0.41393 * \text{orden_aseo} - \\
 & 0.30360 * \text{actividades_precedentes} + 1.27388 * \text{tipicidad} - 0.19414 * \text{herramienta} + \\
 & 0.33536 * \text{equipo} + 0.27324 * \text{mantenimiento} + 0.24107 * \text{Suministro} + 0.68042 * \text{protección} \\
 & + 1.04507 * \text{dirección} - 0.58771 * \text{seguimiento}
 \end{aligned}$$

Para evidenciar la eficiencia del rendimiento calculado por la formula, se procede a realizar una comparación entre el rendimiento real de los obreros que fue determinado a

partir de las observaciones realizadas en el sitio de trabajo, el rendimiento teórico, que es el rendimiento promedio proporcionado por el GAD municipal de Cuenca que corresponde a 3,33 m²/hora, y el rendimiento calculado por el modelo matemático aplicado en esta investigación.

Figura 1

Comparación entre rendimiento real, teórico y calculado

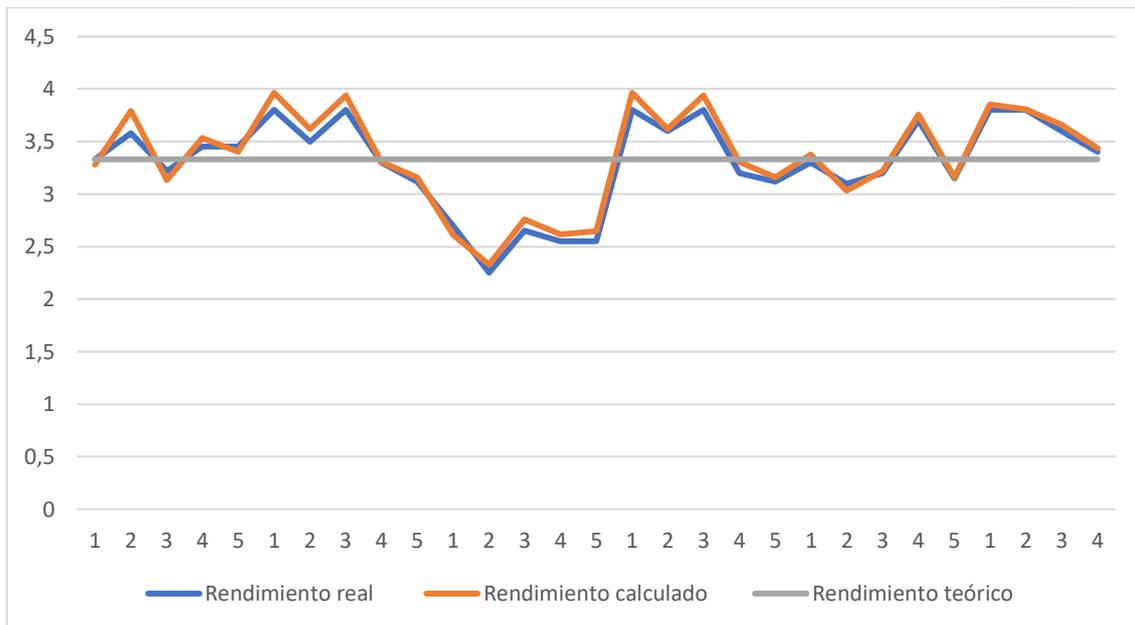


La Figura 1 ilustra cómo el rendimiento real de los obreros no se mantiene constantemente en relación con el rendimiento teórico de 3.33 m²/hora establecida por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) municipal de Cuenca, sino que fluctúa entre este valor teórico y un mínimo de 2.89 m²/hora. Sin embargo, se observa que el rendimiento calculado utilizando el modelo matemático basado en la regresión lineal se ajusta de manera más precisa a esta variabilidad en el rendimiento.

Con la finalidad de comprobar la efectividad de la fórmula fuera de los datos recolectados de la muestra para la elaboración del modelo, se realizó una segunda aplicación en 7 obras distintas dentro de la parroquia San Sebastián. Se acogió un obrero al azar en cada una de las construcciones y se realizó un seguimiento con la ficha de observación durante una semana laboral, es decir, 5 días. Luego, se comparó los resultados de los rendimientos reales de los obreros con los rendimientos calculados con la fórmula y el rendimiento teórico que se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Comparación entre rendimiento real, teórico y calculado



Según se aprecia en la Figura 2, el desempeño efectivo de los obreros mostró variaciones con respecto al rendimiento teórico; en ciertos casos, el rendimiento superó ampliamente las expectativas, mientras que en otros se redujo considerablemente. Además, se evidencia que el rendimiento calculado fue capaz de prever con precisión estas fluctuaciones. La tabla de resultados por obrero se muestra en la tabla 5.

Tabla 5

Rendimientos de obreros en nuevas obras

Obra	Día	Rendimiento real	Rendimiento calculado	Rendimiento teórico
Obra 1	1	3,3	3,27	3,33
	2	3,68	3,79	3,33
	3	3,2	3,13	3,33
	4	3,5	3,53	3,33
	5	3,4	3,40	3,33
Obra 2	1	3,8	3,96	3,33
	2	3,6	3,61	3,33
	3	3,8	3,94	3,33
	4	3,3	3,30	3,33
	5	3,15	3,15	3,33

Tabla 5

Rendimientos de obreros en nuevas obras (continuación)

Obra	Día	Rendimiento real	Rendimiento calculado	Rendimiento teórico
Obra 3	1	2,7	2,61	3,33
	2	2,25	2,32	3,33
	3	2,7	2,75	3,33
	4	2,6	2,61	3,33
	5	2,6	2,64	3,33
Obra 4	1	3,9	3,96	3,33
	2	3,6	3,61	3,33
	3	3,9	3,94	3,33
	4	3,3	3,30	3,33
	5	3,15	3,15	3,33
Obra 5	1	3,3	3,37	3,33
	2	3,1	3,03	3,33
	3	3,2	3,21	3,33
	4	3,7	3,75	3,33
	5	3,15	3,15	3,33
Obra 6	1	3,8	3,85	3,33
	2	3,8	3,80	3,33
	3	3,6	3,65	3,33
	4	3,4	3,43	3,33
	5	3,1	3,04	3,33
Obra 7	1	2,5	2,43	3,33
	2	3,1	3,12	3,33
	3	3,35	3,38	3,33
	4	2,5	2,53	3,33
	5	1,8	1,79	3,33

Conclusiones

- El análisis estadístico revela que solo algunas variables, incluyendo: capacitación, temperatura, condiciones del suelo, mantenimiento, uso de elementos de protección, dirección, nivel de instrucción, seguimiento del trabajo, aseguramiento de calidad, situación personal, salud y habilidades, influyen de manera significativa en el rendimiento de los obreros durante la actividad de colocación de cielo raso en la parroquia San Sebastián de la ciudad de Cuenca.
- Aunque no todas las variables muestran diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), las medidas de ajuste indican que mediante la aplicación

de la regresión lineal es posible desarrollar un modelo predictivo con una efectividad del 92.7%.

- Al contrastar el rendimiento real de los obreros con el rendimiento teórico proporcionado por el GAD de Cuenca, se observa una diferencia significativa. Este rendimiento no sigue una tendencia lineal a lo largo del tiempo y varía según las condiciones climáticas, la actividad específica, el equipo utilizado, la supervisión y las características individuales del trabajador.
- El modelo matemático desarrollado en esta investigación demostró ser efectivo para predecir el rendimiento de los obreros en función de los factores estudiados. Por lo tanto, puede ser utilizado como una herramienta predictiva para la colocación de cielo raso en el contexto de San Sebastián y, más ampliamente, para la ciudad de Cuenca debido a la similitud de su entorno.

Conflicto de intereses

Los autores deben declarar si existe o no conflicto de intereses en relación con el artículo presentado.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestrías en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias bibliográficas

- Ángeles López-Cabarcos, M., Vázquez-Rodríguez, P., y Quiñoá-Piñeiro, L. M. (2022). An approach to employees' job performance through work environmental variables and leadership behaviours. *Journal of Business Research*, 140, 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.11.006>
- Arias, B. P. A., Garzón, P. V. D., y Quiroz, P. T. V. (2022). Análisis del rendimiento y productividad de mano de obra en la ejecución de cielo raso liso en el cantón Cuenca. *Dominio de las Ciencias*, 8(4), Article 4. <https://doi.org/10.23857/dc.v8i4.3034>
- Assaad, R., El-adaway, I., Hastak, M., y Needy, K. (2022). Key Factors Affecting Labor Productivity in Offsite Construction Projects. *Journal of Construction*

Engineering and Management, 149, 04022158.

<https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-12654>

Azeem, M., Ullah, F., Thaheem, M. J., y Qayyum, S. (2020). Competitiveness in the construction industry: A contractor's perspective on barriers to improving the construction industry performance. *Journal of Construction Engineering*, 3, 193-219. <https://doi.org/10.31462/jcemi.2020.03193219>

Botero Botero, L. F. (2002). Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. *Revista Universidad EAFIT*, 38(128), 9-21. <http://repository.eafit.edu.co/handle/10784/17243>

Cayetano Taype, D., y Zuñiga Gomez, J. (2015). Terminación del rendimiento de mano de obra en 1 /4' pavimentos rígidos de la ciudad de huancavelica, aplicando el modelo de regresión múltiple con variables ficticia. *Repositorio Institucional - UNH*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1926>

Diamantidis, A. D., y Chatzoglou, P. (2019). Factors affecting employee performance: An empirical approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 171-193. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2018-0012>

Dixit, S. (2019). Study of factors affecting the performance of construction projects in AEC industry. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*, 12(1), 2275-2282. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2020-0022>

Encalada-Terreros, A. C., y Calle-Castro, C. J. (2021). Determinación del rendimiento para la actividad de excavación a mano en la ciudad de Cuenca. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 819-834. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i2.1830>

Espinoza, L. A. C., Campoverde, J. D. Q., y Enríquez, N. M. (2023). Análisis de los rendimientos de mano de obra en rubros de mampostería en viviendas de dos plantas en la ciudad de Cuenca. *ConcienciaDigital*, 6(1.1), Article 1.1. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.1.2462>

Fajardo Guapisaca, W. M., y Quizhpe Campoverde, J. D. (2021). Determinación de factores que afectan el rendimiento de la mano de obra en la actividad de colocación de cerámica en la ciudad de Cuenca. *Dominio de las Ciencias*, 7(Extra 4), 138. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383979>

Lakhiar, M., Abdullah, A. H., y Lakhiar, M. (2021). *Analysis of the Relationship Between the Working Environment and Employee Performance in Selected Construction Firms in Karachi City*.

- Manoharan, K., Dissanayake, P., Pathirana, C., Deegahawature, D., y Silva, R. (2022). Labour-related factors affecting construction productivity in Sri Lankan building projects: Perspectives of engineers and managers. *Frontiers in Engineering and Built Environment*, 2(4), 218-232. <https://doi.org/10.1108/FEBE-03-2022-0009>
- Maulud, D., y Mohsin Abdulazeez, A. (2020). A Review on Linear Regression Comprehensive in Machine Learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 1, 140-147. <https://doi.org/10.38094/jastt1457>
- Molina Fonseca, P. A., y Páez Sarmiento, C. M. (2013). *Análisis de Rendimiento y/o Productividad de la Mano de Obra en la Construcción de Edificaciones en la Ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana: Etapa de Estructuras*. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5098>
- Shehata, M., y El-Gohary, K. (2019). Towards improving construction labor productivity and projects' performance. *Alexandria Engineering Journal*, 50, 321-330. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2012.02.001>
- Tola, C. F. G., Mora, S. L. C., y Quiroz, P. T. V. (2023). Rendimiento de mano de obra en excavaciones a mano mediante regresión lineal. Caso de estudio: Ciudad de Cuenca. *Ciencia Digital*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i3.2629>
- Van Tam, N., Quoc Toan, N., Tuan Hai, D., y Le Dinh Quy, N. (2021). Critical factors affecting construction labor productivity: A comparison between perceptions of project managers and contractors. *Cogent Business y Management*, 8(1), 1863303. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1863303>
- Wang, S., Feng, K., y Wang, Y. (2023). Modeling Performance and Uncertainty of Construction Planning under Deep Uncertainty: A Prediction Interval Approach. *Buildings*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/buildings13010254>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

