

Optimización de los recursos humanos en la construcción de hormigón ciclópeo, caso de estudio una cuadrilla tipo

Ivett Thalía Cuenca Cabrera   Nelson Federico Córdova González  

Universidad Católica de Cuenca, EC010101, Ecuador

 Correspondence: itcuenca02@est.ucacue.edu.ec  +593995942704

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj52028>

Resumen: El presente artículo surge como producto de una investigación acerca del rendimiento y el consumo de mano de obra con el fin de optimizar los recursos humanos asociados a la construcción de hormigón ciclópeo. Para lograr este propósito, se analizó mediante un caso práctico, desarrollado en Biblián, Cañar, Ecuador, a los trabajadores de la construcción perteneciente a la Municipalidad de dicha localidad. El grupo de estudio estaba formado por 18 obreros, y cada subgrupo constituye una cuadrilla. En el período de dos meses se hicieron las observaciones y se recolectaron los datos para ser sometidos a un análisis estadístico. Para el análisis estadístico matemático se empleó un software informático que realizó una regresión lineal. Como resultado, se elaboró una memoria de datos acerca del consumo de mano de obra, en la que figura los factores por los que se veía afectado el consumo de mano de obra, se desarrolló una plantilla de Excel en la que se puede predecir el consumo de mano de obra en las actividades analizadas. En conclusión, la mano de obra y el rendimiento se pueden estudiar y variar en base a los distintos factores que se han podido comprobar.

Palabras claves: mano de obra; rendimiento; construcción; regresión lineal

Optimization of human resources in cyclopean concrete construction of cyclopean concrete, a case study of a crew type

Abstract: This article is the result of an investigation on labor performance and consumption in order to optimize the human resources associated with the construction of cyclopean concrete. To achieve this purpose, a case study was carried out in Biblián, Cañar, Ecuador, on construction workers belonging to the Municipality of that town. The study group consisted of 18 workers, and each subgroup constituted a crew. During the two months, observations and data were collected for statistical analysis. For the mathematical, statistical analysis, computer software was used to perform linear regression. As a result, a data memory was prepared about labor



Cita: Cuenca Cabrera, I. T., & Córdova González, N. F. (2022). Optimización de los recursos humanos en la construcción de hormigón ciclópeo, caso de estudio una cuadrilla tipo. Green World Journal, 5(3), 028. <https://doi.org/10.53313/gwj52028>

Received: 02/August/2022

Accepted: 04/September/2022

Published: 12/September/2022

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2022 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

consumption, which contains the factors that affected labor consumption, and an Excel template was developed in which labor consumption in the activities analyzed can be predicted. In conclusion, labor and throughput can be studied and varied based on the different factors that have been verified.

Keywords: labor; performance; construction; linear regression

1. Introducción

Los recursos humanos (RH) son vitales para todas las industrias, incluida la de la construcción. Para un director de operaciones de una empresa constructora, el mantener y atraer a personas de calidad es una prioridad [1]. Los RH ha cobrado especial importancia en la industria de la construcción a lo largo de los recientes años, ya que existe una creciente escasez de trabajadores cualificados y de gestores experimentados [2].

El mercado laboral de la construcción está cambiando debido a la disminución del número de trabajadores cualificados, que es más relevante como consecuencia de la evolución demográfica de la mano de obra (MO) [3]. Un problema es el hecho de que la MO de la construcción está envejeciendo con el paso del tiempo [4].

Todos estos cambios otorgan una mayor importancia a la administración con respecto a los RH en el ámbito de la construcción [5]. Otra razón que explica la trascendencia de la administración de los RH dentro del ámbito de la construcción es el hecho de que existe un alto índice de agotamiento de los trabajadores, que se ven obligados a dedicar muchas horas a su trabajo diario [6].

Los expertos referentes al área de la construcción han empleado teorías específicas sobre el uso de la gestión de los RH en las operaciones de construcción. Por ejemplo, una nueva filosofía de la construcción, se centra en gran medida en la idea de aumentar los niveles de capacitación de los empleados [7]. Del mismo modo, la filosofía de la construcción ajustada, se ocupa de combinar las técnicas y principios existentes en una nueva dimensión para la mejora rentabilidad y la disminución de costes mediante el estímulo de los empleados [8].

La clave para que estas filosofías funcionen es encontrar formas de motivar a los trabajadores mediante un generador interno de acciones y reacciones, interesa a los directivos como medio para un fin: la optimización de los RH en el proceso de producción [9]. La clave para motivar a los empleados es encontrar la forma de satisfacer sus necesidades. Cada individuo tiene necesidades diferentes, por supuesto; sin embargo, estas necesidades pueden desglosarse en unas pocas categorías básicas [10]

Para responder a la pregunta anterior, hay que definir claramente el término de gestión de RH y sus actividades conexas. Los investigadores han hecho varias definiciones, por ejemplo, un equipo de proyecto es una combinación de personas apropiadas con las funciones y responsabilidades asignadas que se han reunido para la ejecución del proyecto [11]. Actividades como la selección, la contratación, la formación, la dirección y la orientación, y el control de las personas en la organización y el proyecto pertenecen al ámbito de la gestión de los RH [12]. Aunque todos los procesos de gestión de RH son de especial importancia, la selección de la fuerza productiva para los proyectos es uno de los pasos principales del proceso de gestión de RH, así como una de las principales decisiones de los gestores de proyectos, que puede tener mucho impacto no sólo en el éxito del proyecto, sino también en la empresa responsable del mismo [13]. La selección correcta y basada en principios de la MO conduce, en última instancia, a la creación de un equipo coordinado y productivo, que contribuye a lograr las metas previstas del proceso y de las diferentes partes

interesadas. La elección de un equipo de proyecto fuerte y productivo para llevar a cabo los proyectos es uno de los temas importantes en los proyectos de construcción [14].

En general, al elegir a las personas más cualificadas para un proyecto, aumentará la capacidad y la fiabilidad del equipo del proyecto; en otras palabras, las personas bien formadas y con experiencia tienen menos probabilidades de cometer un error y, en consecuencia, el riesgo de que el proyecto fracase debido a un error de los RH [15]. Dado que la selección de RH puede influir en la probabilidad de éxito de los proyectos, el riesgo de selección de RH se define como la calidad de las personas seleccionadas [16]. El riesgo de selección de RH es bajo cuando las personas seleccionadas son expertas, por el contrario, el nivel de riesgo es alto cuando las personas seleccionadas son más jóvenes o tienen menos experiencia. Los gestores de proyectos están deseosos de minimizar el riesgo de ejecutar un proyecto con el menor coste posible [17]. La selección de los RH para un proyecto es una cuestión de optimización, ya que el menor coste de un equipo de proyecto puede conducir en muchos casos a la contratación de personas menos cualificadas y, en consecuencia, a aumentar el riesgo de la selección de RH [18]. Por el contrario, la formación de un equipo con el menor riesgo hace que las limitaciones de costes en el proyecto se enfrenten a grandes retos.

Para determinar las entradas del modelo, se identifican en primer lugar los riesgos de la selección de RH, así como los parámetros que imponen costes al equipo del proyecto [19]. En segundo lugar, se mide el índice de riesgo y el coste de cada candidato. Dado que esta decisión es un problema de optimización y se deben considerar los diferentes puntos de vista de los decisores, se aplica el enfoque de toma de decisiones de objetivos múltiples [20].

Por ejemplo, muchos empleados se sienten motivados cuando se les da poder y sienten que su participación es importante para que la empresa tenga éxito. Cuando los empleados se sienten capacitados de este modo, trabajarán de forma que satisfagan no sólo sus propias necesidades, sino también las de la empresa en su conjunto [21]. El enfoque participativo aborda el desarrollo de buenas relaciones entre supervisores y subordinados y de grupos de trabajo cohesionados para satisfacer tanto las necesidades sociales como las de la demanda empresarial [22].

Este artículo está conformado de la siguiente manera: La Sección 2 muestra la metodología utilizada en este estudio. La Sección 3 muestra los resultados obtenidos mediante la metodología. La Sección 4 expone un análisis general de los distintos resultados. En la última sección encontramos una serie de conclusiones y de estudios a realizar en el futuro.

2. Materiales y métodos

En la presente sección, se define el territorio de estudio, la metodología con sus subsecciones de diseño de la investigación, población. Además, los instrumentos de recolección y técnicas que tiene las subsecciones validación de instrumento, la técnica de Botero. Por último, el procesamiento de información.

2.1 Área de Estudio

El presente estudio se realiza en la provincia de Cañar, Cantón Biblián de superficie 205,30 km², ubicado en el centro sur del Ecuador, la topografía de la zona presenta un relieve irregular y el clima es variable. El ambiente es húmedo y fresco, temperatura promedio de 14°C. En lo político está conformada por las parroquias: Biblián, Sageo, Turupamba, Nazón, y Jerusalén (Figura 1).

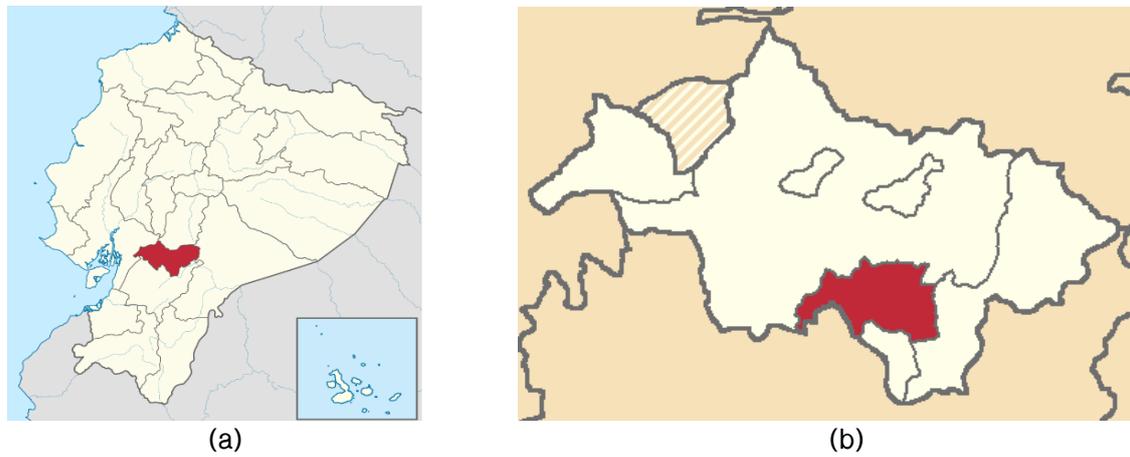


Figura 1. (a) Mapa provincia del Cañar en Ecuador; (b) Mapa del cantón Biblián-Cañar [23]

La industria de la construcción, en las entidades públicas del Ecuador, está regulada por la ley orgánica del sistema nacional de contratación pública (SERCOP). Los contratos de construcción se realizan bajo la modalidad de administración directa por el GAD Municipal del Cantón Biblián ubicados en la zona rural y urbana, en esta ocasión el rubro específico en analizar es el hormigón ciclópeo.

2.2 Metodología

Este estudio se apoya sobre una metodología preexistente de recolección de información en el área de la construcción, ideada por Antonio Cano R. y Gustavo Duque v., [24] en la que se consiguen consumo de MO y datos de rendimiento en la construcción, que son analizados de forma estadística para obtener una base de datos real y actual.

Cano y Duque determinan que el rendimiento de la mano de obra (RMO) tiene un intervalo que oscila entre el 0 y el 100%, que corresponde en el primer caso a no hacer nada y en el segundo a alcanzar la máxima eficiencia posible. Para un determinado trabajo, se ha definido la cifra del 70% para fijar el rendimiento habitual, ya que los diferentes trabajos realizados sitúan el rendimiento normal de la productividad entre el 55% y el 70%. Por lo tanto, la siguiente tabla explica el rendimiento (Tabla 1)

Tabla 1. Escala de eficiencia en los rendimientos [24]

Rango de porcentaje	Eficiencia de acuerdo a productividad
10-40	Muy baja
41-60	Baja
61-80	Normal (promedio)
81-90	Muy buena
91-100	Excelente

En cuanto a los distintos factores de índole social que inciden directamente en el rendimiento de los trabajadores, se han analizado siguiendo el método de Luis Fernando Botero [25] (ver Tabla 2).

Tabla 2. Factores relacionados al rendimiento [25]

Economía General	1
Aspectos laborales	2
Clima	3
Actividad	4
Equipamiento	5
Supervisión	6
Trabajar	7

2.2.1 Diseño de la investigación

La presente investigación es de enfoque cualitativo y cuantitativo, utiliza el diseño de investigación mixta (Figura 2) presentada por Carlos Fernández Collado en “Metodología de la Investigación” [26].

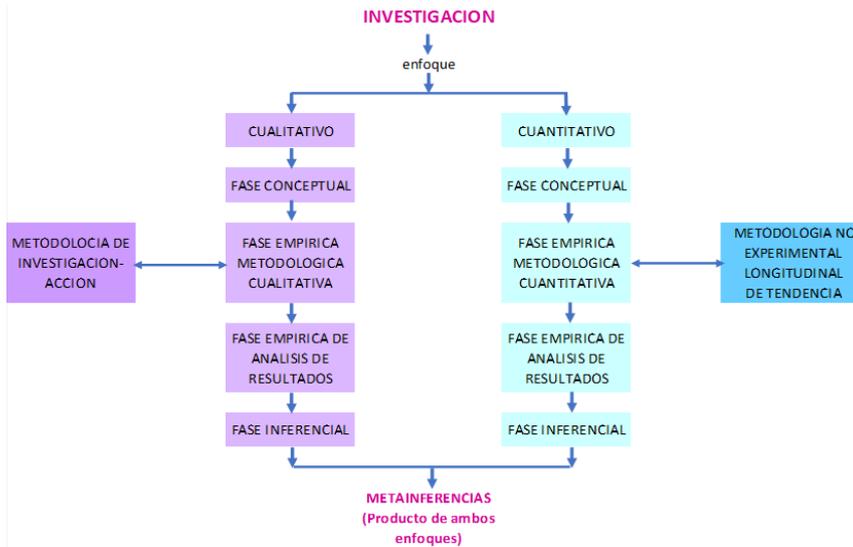


Figura 2. Representación funcional de la investigación.

2.2.2 Población

El tamaño de la población a estudiar son los 18 trabajadores que conforman el equipo de cuadrilla del GAD Municipal de Biblián, es decir se realiza un censo con todos los trabajadores.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección

2.3.1. Validación de los instrumentos

Se empleo el método de Delphi en la validación sobre los instrumentos de recolección (cuestionarios, fichas de información en campo) mediante un grupo de expertos en el área de estudio (Figura 3). A través de la matriz de validación que utiliza el criterio de validado (≥ 50) o no validado (< 50). El perfil de los expertos es el siguiente: Profesionales de la construcción de más de diez años de antigüedad en obra civil, que actualmente realicen la ejecución de proyectos con hormigón [27].

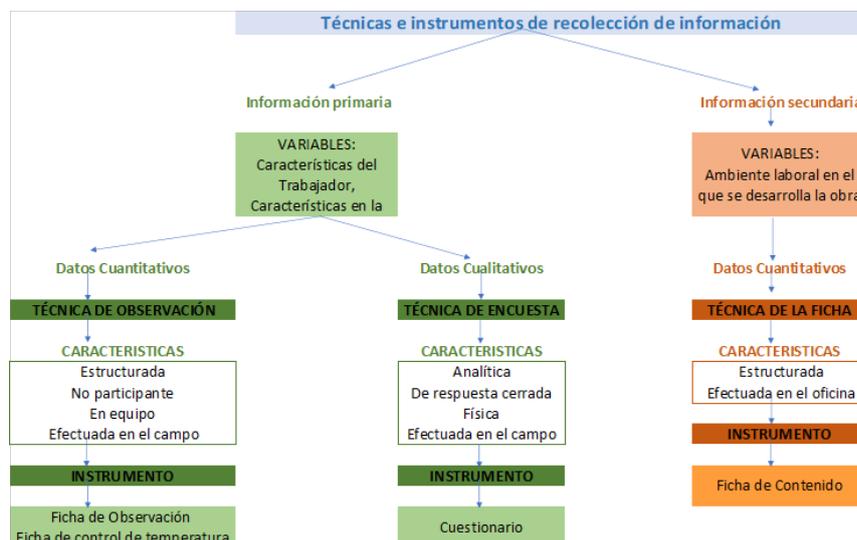


Figura 3. Técnicas e instrumentos

2.3.2. Técnica de Botero

Respecto al proceso de selección de los elementos que afectan al desempeño de los trabajadores, Botero plantea una tabla para definir los elementos que condicionan los rendimientos o el consumo de mano de obra (CMO), los mismos que se agrupan en 7 tipos de categorías [25]. A dos de estas categorías (Mano de Obra y Economía) las califica como iguales a lo largo del tiempo de recolección de datos, puesto que las circunstancias en ellas se encuentran permanentes. En este sentido Botero, según sus múltiples análisis se plantea para todos los factores una barra de valoración de -2 a 2, donde -2 es la afección más negativa y 2 la más positiva. Se valora que el 0 es la condición que se considera normal (Tabla 3).

Tabla 3. Factores que afectan el consumo y su evaluación [25].

RANGO DE VALORES	2	1	0	-1	-2
Temperatura	Fresca	Medianamente Fresca	Normal	Medianamente alta o baja	Alta o baja
Grado de dificultad	Fácil	Medianamente fácil	Mediana	Medianamente difícil	Difícil
Riesgo	Ningún riesgo	Moderado	Mediano	Riesgosa	Peligrosa
Herramientas	Disponible	Parcialmente disponible	Adecuada	Mayormente no disponible	No disponible
Condición de las herramientas	Buena	Mayormente buena	Regular	Mayormente mala	Malo
Control	Siempre	Frecuente	Normal	Esporádico	Nunca
Estado Anímico	Bueno	Frecuentemente bueno	Regular	Casi siempre malo	Malo
Adicciones	Sin adicciones	Consumo regulado	Consumo normal	Consumo frecuente	Adicto
Calidad de alimentación	Buena	Generalmente buena	Regular	Mayormente mala	Mala
Salud	Sano	Poco enfermo	Con enfermedades no graves	Casi enfermo	Enfermo
Tipo de contrato	Ocasional		Provisional		Indefinido
Experiencia	Gran	Casi experto	Mediana	aprendiz	Ninguna

2.4 Procesamiento de datos y resultados

Se han incluido los elementos de carácter distintivo como son las cuadrillas, el funcionamiento, los horarios registrados, los rendimientos y la valoración de las variables independientes (componentes de los rendimientos). Se ha usado Excel como se expone en la Tabla 4.

Tabla 4. Factores que influyen en el CMO y su evaluación.

ID	CARGO	TEMPERATURA	GRADO DE DIFICULTAD	RIESGO LABORAL	VOLUMEN DE FUNDICIÓN	NUMERO DE TRABAJADORES	NUMERO DE HORAS TRABAJADAS	DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTAS

ID: Identificación del trabajador

CARGO: Cargo que desempeña Albañil o Ayudante

TEMPERATURA: Se registra la temperatura a diario en cada frente de trabajo mediante fichas de control de temperatura y se asigna el factor ponderable mostrado en la Tabla 3.

GRADO DE DIFICULTAD: Se refiere a la dificultad que presenta la actividad y se asigna el factor de acuerdo a la Tabla 3.

RIESGO LABORAL: Acorde a la actividad se presenta un riesgo laboral y se asigna el factor según la Tabla 3.

VOLUMEN DE FUNDICIÓN: Corresponde a la mediana del volumen de fundición de las cuadrillas.

NÚMERO DE TRABAJADORES: Se registra en número de trabajadores en cada cuadrilla.

NÚMERO DE HORAS TRABAJADAS: Se contabiliza el número de horas productivas de cada trabajador.

DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTAS: Refleja la evaluación de la disponibilidad de herramientas para cada trabajador y se asigna en concordancia con la Tabla 3.

Los valores o parámetros que se presentan en la Tabla 5 para el ingreso de datos son de acuerdo a la Tabla 3.

Tabla 5. Condiciones

CONDICIÓN DE HERRAMIENTAS	CONTROL	ESTADO ANÍMICO	ADICCIONES	CALIDAD DE ALIMENTACIÓN
Regular	Siempre	Bueno	Sin adicciones	Buena

CONDICIÓN DE HERRAMIENTAS: Se evalúa el estado de las herramientas.

CONTROL: Se establece el grado de supervisión y se asigna el factor.

ESTADO ANÍMICO: Se registra el estado de ánimo de los trabajadores y se asigna Bueno

ADICCIONES: Corresponde a la presencia de alguna adicción

CALIDAD DE ALIMENTACIÓN: Corresponde a la calidad con la que se alimentan los trabajadores.

La Tabla 6 muestra los componentes del trabajador y son designado los valores de acuerdo a la Tabla 3;

Tabla 6. Factores del Trabajador

SALUD	TIPO DE CONTRATO	EXPERIENCIA	CONSUMO PROMEDIO DE MANO DE OBRA

SALUD: Se registra el estado de salud de los trabajadores.

TIPO DE CONTRATO: Se registra el tipo de contrato de cada trabajador.

EXPERIENCIA: De acuerdo a los años de experiencia de cada trabajador

CONSUMO PROMEDIO DE LA MANO DE OBRA: Se calcula utilizando las horas trabajadas del recurso humano de una cuadrilla para efectuar la cantidad unitaria del volumen de fundición.

2.4.1. Preparación y obtención de datos estadísticos elementales sobre el CMO.

Al obtener los valores que se encuentran para el CMO como se muestra en la Tabla 4. Es necesario ordenarlas por factores en el área de la construcción, por lo tanto, se establecen para cada valor la media, la desviación estándar, la moda, el rango, la varianza, Kurtosis y la asimetría. Basándose además en el principio de que las pruebas en las que la Kurtosis y la desviación estándar tienen un valor entre -2 y 2 y que los valores fuera de este rango se alejan de la normalidad y suponen la invalidación de cualquier test estadístico en cuanto a la desviación estándar [28].

2.4.2. Comprobación del grado de correlación existente entre la variable dependiente y las variables independientes.

Si el consumo de la mano de obra (variable dependiente) está estadísticamente condicionado por una o varias variables independientes (Volumen de fundición, número de trabajadores, número de horas trabajadas, disponibilidad de herramientas, condición de las herramientas, control de obra, estado anímico, adicciones, calidad de alimentación, salud, tipo de contrato, experiencia), que

resultan de la identificación de las correlaciones lineales, se efectúa una regresión lineal. A continuación, se hace previsiones, basadas en ecuaciones matemáticas, del comportamiento del CMO, considerando las características de las variables independientes que influyen. En la medida de lo posible, se crean modelos matemáticos para una actividad concreta para cada uno de los miembros de la cuadrilla (oficial y ayudante). También se ha establecido modelos de regresión lineal para CMO en la fundición de hornigón.

3 Resultados

Esta sección se divide en Ingreso de datos, correlación y análisis de la regresión lineal. Cada subapartado se explica a detalle los resultados obtenidos.

3.1. Ingreso de datos

Para la visualización de los datos se dividió en tres Tablas (7-9), designados de la siguiente manera Parte A (Tabla 7), B (Tabla 8) C (Tabla 9).

Tabla 7. Ingresó de los datos, parte A que conforma parte de las tres tablas (B, C)

ID	CARGO	TEMPERATURA	GRADO DE DIFICULTAD	RIESGO LABORAL	VOLUMEN DE FUNDICIÓN	NUMERO DE TRABAJADORES	NUMERO DE HORAS TRABAJADAS	DISPONIBILIDAD DE HERRAMIENTAS
1	Albañil	Normal	Mediana	Medio	71.2	Cuatro	90.5	Disponible
2	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	71.2	Cuatro	86.5	Disponible
3	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	71.2	Cuatro	80.75	Disponible
4	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	71.2	Cuatro	87.25	Disponible
5	Albañil	Normal	Mediana	Medio	53.17	Cinco	72.75	Disponible
6	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	53.17	Cinco	73.25	Disponible
7	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	53.17	Cinco	70.5	Disponible
8	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	53.17	Cinco	72.75	Disponible
9	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	10.68	Cinco	23.5	No disponible
10	Albañil	Normal	Mediana	Medio	10.68	Cinco	24.25	Disponible
11	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	10.68	Cuatro	24.25	Disponible
12	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	10.68	Cuatro	23.5	Disponible
13	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	10.68	Cuatro	23.25	Disponible
14	Albañil	Normal	Mediana	Medio	17.61	Cinco	33.75	Disponible
15	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	17.61	Cinco	33.5	Disponible
16	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	17.61	Cuatro	30.25	Disponible
17	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	17.61	Cinco	33.75	Disponible
18	Ayudante	Normal	Mediana	Medio	17.61	Cinco	5.5	Disponible

Tabla 8. Ingresó de los datos, parte B que conforma parte de las tres tablas (A, C)

ID	CONDICIÓN DE HERRAMIENTAS	CONTROL	ESTADO ANÍMICO	ADICCIONES	CALIDAD DE ALIMENTACIÓN
1	Regular	Siempre	Bueno	Sin adicciones	Buena
2	Regular	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
3	Regular	Siempre	Bueno	Sin adicciones	Buena
4	Regular	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
5	Regular	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
6	Regular	Normal	Bueno	Sin adicciones	Buena
7	Excelente	Normal	Bueno	Sin adicciones	Buena

8	Regular	Normal	Regular	Adicto	Buena
9	Regular	Normal	Bueno	Sin adicciones	Buena
10	Regular	Normal	Bueno	Adicto	Buena
11	Excelente	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
12	Excelente	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
13	Regular	Siempre	Bueno	Adicto	Buena
14	Mala	Normal	Regular	Adicto	Buena
15	Regular	Normal	Regular	Sin adicciones	Buena
16	Regular	Normal	Regular	Adicto	Buena
17	Regular	Normal	Malo	Sin adicciones	Buena
18	Excelente	Siempre	Regular	Adicto	Buena

Tabla 9. Ingresó de los datos, parte C que conforma parte de las tres tablas (A, B)

ID	SALUD	TIPO DE CONTRATO	EXPERIENCIA	CONSUMO PROMEDIO DE MANO DE OBRA
1	Sano	Ocasional	Gran	1.24
2	Enfermo	Indefinido	Gran	1.24
3	Sano	Indefinido	Mediana	1.24
4	Enfermo	Indefinido	Mediana	1.24
5	Enfermo	Indefinido	Gran	1.47
6	Sano	Indefinido	Gran	1.47
7	Sano	Indefinido	Poca	1.47
8	Enfermo	Indefinido	Gran	1.47
9	Enfermo	Indefinido	Gran	2.22
10	Enfermo	Indefinido	Gran	2.22
11	Enfermo	Indefinido	Gran	2.22
12	Enfermo	Indefinido	Gran	2.22
13	Enfermo	Indefinido	Gran	2.22
14	Enfermo	Indefinido	Gran	1.95
15	Enfermo	Indefinido	Gran	1.95
16	Enfermo	Indefinido	Gran	1.95
17	Enfermo	Indefinido	Gran	1.95
18	Enfermo	Indefinido	Gran	1.95

3.2. Análisis estadístico básico

Tabla 10. Análisis estadístico del CMO

CUADRILLA	PROMEDIO	MEDIA	MODA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ASIMETRÍA	KURTOSIS	VARIANZA	MEDIANA
1	1.58	1.47	0.95	0.61	0.24	-1.84	0.34	1.51
2	2.23	2.22	#N/A	0.24	-1.38	2.15	0.04	2.29
3	1.28	1.24	1.26	0.34	1.80	3.32	0.11	1.19
4	1.97	1.95	#N/A	0.28	-1.03	2.43	0.06	1.99

Se determina que los datos tienen una desviación normal ya que no existen valores atípicos (fuera del rango descrito en la metodología) ya que el 100% de los datos no tienen un valor t mayor o menor al rango descrito según establece la prueba estadística de distribución t -Student [29].

3.3. Correlación

La correlación se enfoca en el rendimiento y el CMO como muestra la Tabla 11.

Rendimiento: El rendimiento se obtuvo mediante el volumen de hormigón fundido dividido para las horas trabajadas del recurso humano, para el cálculo se utilizó el software Excel.

CMO: Se calcula utilizando las horas trabajadas del recurso humano de una cuadrilla dividido para la cantidad unitaria del volumen de fundición de hormigón, para el cálculo se utilizó el software Excel.

Correlación: Se realizaron varios tipos de análisis sobre la correlación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes, por lo que se estima que se produce una correlación si los valores se encuentran próximos a 1 o a -1. El valor preciso de (+1, -1) es indicativo de que existe una perfecta relación lineal. Finalmente, una relación de 0, o cercana a 0, sugiere que no tiene relación lineal entre las respectivas variables. Para el cálculo se utilizó el software Excel.

Tabla 11. Correlación y resultados sobre la cuadrilla, rendimiento y CMO

CUADRILLA	RENDIMIENTO (mediana)	CMO (mediana)
1	0.69	1.51
2	0.44	2.29
3	0.81	1.19
4	0.51	1.99

La Tabla 11 muestra los resultados de realizar la correlación entre las cuadrillas rendimiento y CMO. Se diseñó una representación gráfica de los valores de la Tabla 11 (ver Figura 4) sobre rendimiento y CMO.

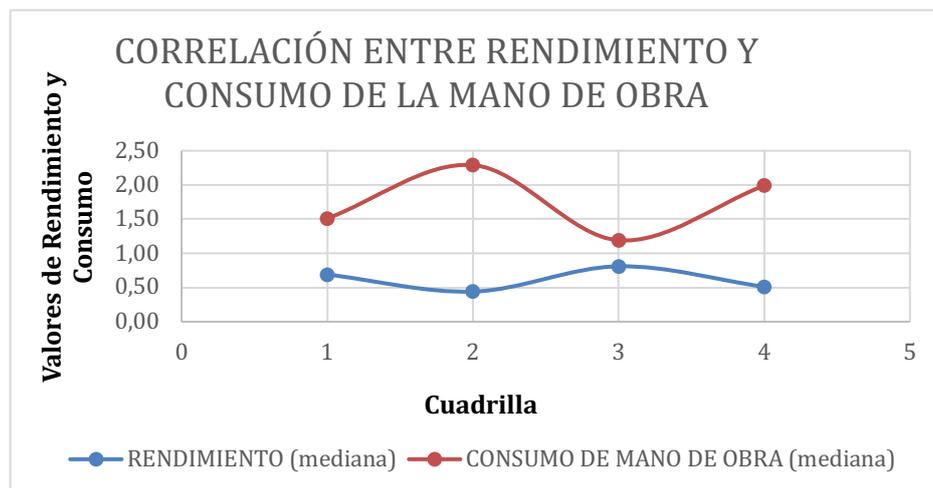


Figura 4. Representación de la correlación entre el rendimiento y el CMO

3.3.1 Análisis de regresión

Se realizó el estudio de correlación entre las variables independientes (factores de afectación) y la variable dependiente (consumo de la mano de obra). Observando que el valor del factor de correlación es próximo a 1, lo cual nos indica que tienen una correlación directamente proporcional.

Tabla 12. Correlación y resultados sobre la cuadrilla, rendimiento y CMO análisis de varianza

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
--	--------------------	-------------------	---------------------------	---	--------------------

Regresión	12	2.600630309	0.216719192	19.396987	0.002092773
Residuos	5	0.055864136	0.011172827		
Total	17	2.656494444			

Al realizar la matriz ANOVA se determina que el F calculado es mayor al F crítico, por lo que la pendiente es distinta de 0 y por lo tanto las variables independientes son significativas en el modelo propuesto (Tabla 12).

Al llevar adelante el desarrollo de un análisis de regresión lineal se obtienen las ecuaciones que describen como se relacionan la variable dependiente mediante todas las variables independientes estudiadas (Tabla 13).

Tabla 13. Regresión lineal para CMO

ECUACIÓN DE REGRESIÓN
$y = -63.555 * \text{Volumen de fundición} + 147.39$
$y = 1.2213 * \text{número de trabajadores} - 0.5947$
$y = -68.952 * \text{número de horas trabajadas} + 170.82$
$y = -0.6918 * \text{disponibilidad de herramientas} + 2.9957$
$y = -0.6412 * \text{condición de herramientas} + 1.4622$
$y = -1.5622 * \text{control de obra} + 3.7504$
$y = -0.8704 * \text{estado anímico} + 2.7546$
$y = 1.4246 * \text{adiciones} - 2.9525$
$y = -0.4132 * \text{calidad de alimentación} + 0.5053$
$y = -1.5927 * \text{salud} + 1.9152$
$y = 0.4375 * \text{tipo de contrato} + 1.0075$
$y = 0.6107 * \text{experiencia} + 0.7027$

4 Discusión

Los RMO conseguidos en el trabajo de campo, se sitúan dentro de los rangos óptimos propuestos por los autores Remolina y Polanco [30]. El análisis estadístico ha demostrado como los datos se han ajustado dentro de una distribución normal.

Supervisar llega a ser el puesto de trabajo más relevante en una obra, puesto que, son los que se encargan de la ejecución de los controles de aprobación, haciendo acompañamiento y aplicando juicios de la calidad. Si el rendimiento individual no es eficaz, el rendimiento en obra tampoco.

El RMO en los contratos ocasionales es mejor comparado a otros contratos, pues se obtuvo un rendimiento muy bueno. Estos resultados coinciden con el informe de Botero [24], que indica que los contratos de trabajo determinado favorecen el desempeño de los trabajadores.

Durante la realización del trabajo de las actividades de campo, la recolección de información propuesta a cerca de los obreros es el método más aconsejable, ya que se efectúa in situ para conseguir información precisa y oportuna, datos fidedignos para el posterior análisis del rendimiento y del CMO.

Se determino modelos de ecuaciones de regresión específicos a las condiciones de desarrollo del análisis, a las particularidades de los trabajadores y a la localidad de estudio, tal y como ocurre en diferentes investigaciones similares en las que el uso de la metodología depende del lugar donde se recoge la información.

Como una discusión más a detalle y de manera específica los trabajadores con mayor rendimiento al realizar el análisis estadístico de la mediana de sus rendimientos durante el periodo de observación son los de la cuadrilla 3, mientras que por el contrario realizando el mismo análisis de la mediana del rendimiento expresada en m³ por horas hombre se obtiene que los de la cuadrilla 2 representan menos rendimiento.

En cuanto al estudio individual a cerca de consumo en los trabajadores de obra se determina que 2 trabajadores no tienen ningún tipo de adicción y su estado animo es bueno. Uno de ellos tiene un contrato ocasional.

La eficiencia de los trabajadores acorde a sus rendimientos y los límites establecidos en la Tabla 7, muestra que la cuadrilla 1 y 3 presentan una eficiencia normal, en tanto que las cuadrillas 2 y 4 presentan una baja eficiencia. Por lo que fomentar el trabajo en equipo, fomentar un ambiente apto para trabajo, así como una supervisión constante por parte del inspector permitirá incrementar la eficiencia.

Se determina que la cuadrilla 3 con mejor rendimiento en la fundición de hormigón ciclópeo está constituida por los trabajadores 1 (albañil), 2 (Ayudante), 3 (Ayudante) y 4 (Ayudante); personas entre un rango de 24 y 45 años, impulsados por el espíritu colaborativo, el albañil a cargo de la obra posee contrato ocasional, existe una supervisión constante del inspector y algo muy importante 2 de ellos no presentan adicciones lo cual se refleja en su estado de ánimo y por ende en el rendimiento diario como trabajadores de cuadrilla que pertenecen a la municipalidad.

Es conveniente desarrollar y aplicar metodologías para estudiar el RMO en la construcción, ya que a la hora de planificar el proyecto de construcción es necesario definir el rendimiento de los obreros.

5 Conclusión

A partir de la recopilación de la información en campo se procedió a tabular y evaluar por intermedio de un estudio estadístico (Moda, Mediana, Varianza). Posteriormente con la información estadística se determinó la correlación entre las variables dependiente e independiente obteniendo un factor de correlación cercano a uno. A partir de este punto, se determinó que existe correlación por tal motivo se avanzó hacia el estudio de las variables para estimar el CMO.

El desarrollo de modelos de regresión lineal que consideren los criterios de mano de obra permite la optimización de los RH. La información basada en resultados reales de los CMO facilita la planificación y el control de los proyectos, con el propósito del mejoramiento de la productividad de los RH.

De este modo, la puesta en práctica de la teoría relacionada con la creación de obras y el rendimiento laboral, junto con la evaluación de los aspectos obtenidos, ha hecho posible la creación de una base de información y el empleo de la misma como instrumento de consulta para los responsables de la construcción. Con ello, también se manifiesta la funcionalidad de la información obtenida en la investigación, ya que es posible proporcionar al usuario una herramienta computacional que permite evaluar la optimización de mano de obra.

El presente estudio abre la posibilidad para futuras investigaciones, de combinar metodología de recolección de datos en campo para la determinación de rendimientos y CMO de los trabajadores en la amplia variedad de rubros de construcción.

Contribución de autores: conceptualización, I.T.C.C. e N.F.C.G.; metodología, I.T.C.C.; software, I.T.C.C.; validación, L.V.R.C", M.J.M y E.V.G.C; análisis formal, I.T.C.C e N.F.C.G.; investigación, I.T.C.C.; recursos, I.T.C.C.; curaduría de datos, I.T.C.C.; redacción-revisión y edición, I.T.C.C; visualización, I.T.C.C.; supervisión, N.F.C.G.; administración de proyectos, N.F.C.G.; adquisición de fondos, I.T.C.C.;

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Zavala-Villalón, G.; Frías Castro, P.; Zavala-Villalón, G.; Frías Castro, P. Discurso Millennial y Desafíos En La Gestión de Recursos Humanos En Chile. *Psicoperspectivas* **2018**, *17*, 52–63, doi:10.5027/PSICOPERSPECTIVAS/VOL17-ISSUE3-FULLTEXT-1377.
2. Gutiérrez-Rúa, J.; Posada-García, M.D.; González-Pérez, M.A.; Gutiérrez-Rúa, J.; Posada-García, M.D.; González-Pérez, M.A. Prácticas de Recursos Humanos Que Impactan La Estrategia de Sostenibilidad Ambiental. *Innovar* **2019**, *29*, 11–23, doi:10.15446/INNOVAR.V29N73.78008.
3. Juricic, B.B.; Galic, M.; Marenjak, S. Review of the Construction Labour Demand and Shortages in the EU. *Buildings* **2021**, *Vol. 11*, Page 17 **2021**, *11*, 17, doi:10.3390/BUILDINGS11010017.
4. Tessarini Junior, G.; Saltorato, P.; Tessarini Junior, G.; Saltorato, P. Workforce Agility: A Systematic Literature Review and a Research Agenda Proposal. *Innovar* **2021**, *31*, 155–167, doi:10.15446/INNOVAR.V31N81.95582.
5. Ayodele, O.A.; Chang-Richards, A.; González, V. Factors Affecting Workforce Turnover in the Construction Sector: A Systematic Review. *Journal of Construction Engineering and Management* **2019**, *146*, 03119010, doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001725.
6. Góes, R.P.; Pedreira, L.C.; Valente, C.O.; Mussi, F.C.; Souza, M.L. de; Amaral, J.B. do Construction and Validation of an Instrument for the Structural Assessment of Wards for Urinary Continence in Older Adults. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* **2020**, *28*, e3374, doi:10.1590/1518-8345.3361.3374.
7. Sánchez Henríquez, J.; Alvear Vega, S.; Sánchez Henríquez, J.; Alvear Vega, S. Implementación de Sistemas de Evaluación de Personal En Empresas Chilenas, Etapa Inicial Para Medir Su Impacto En La Gestión de La Empresa. *Contaduría y administración* **2021**, *66*, doi:10.22201/FCA.24488410E.2021.1966.
8. Zhao, Y.; Qi, K.; Chan, A.P.C.; Chiang, Y.H.; Siu, M.F.F. Manpower Forecasting Models in the Construction Industry: A Systematic Review. *Engineering, Construction and Architectural Management* **2021**, *ahead-of-print*, doi:10.1108/ECAM-05-2020-0351/FULL/PDF.
9. Tijani, B.; Jin, X.; Osei-kyei, R. A Systematic Review of Mental Stressors in the Construction Industry. *International Journal of Building Pathology and Adaptation* **2021**, *39*, 433–460, doi:10.1108/IJBPA-02-2020-0011/FULL/PDF.
10. Bahr, M.; Laszig, L. Productivity Development in the Construction Industry and Human Capital: A Literature Review. *An International Journal (CIVEJ)* **2021**, *8*, doi:10.5121/civej.2021.8101.
11. Frimpong, S.; Sunindijo, R.Y.; Wang, C.C.; Boadu, E.F. Domains of Psychosocial Risk Factors Affecting Young Construction Workers: A Systematic Review. *Buildings* **2022**, *Vol. 12*, Page 335 **2022**, *12*, 335, doi:10.3390/BUILDINGS12030335.
12. Abioye, S.O.; Oyedele, L.O.; Akanbi, L.; Ajayi, A.; Davila Delgado, J.M.; Bilal, M.; Akinade, O.O.; Ahmed, A. Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities and Future Challenges. *Journal of Building Engineering* **2021**, *44*, 103299, doi:10.1016/J.JOBE.2021.103299.
13. Dahlbo, H.; Bachér, J.; Lähtinen, K.; Jouttijärvi, T.; Suoheimo, P.; Mattila, T.; Sironen, S.; Myllymaa, T.; Saramäki, K. Construction and Demolition Waste Management – a Holistic Evaluation of Environmental Performance. *Journal of Cleaner Production* **2015**, *107*, 333–341, doi:10.1016/J.JCLEPRO.2015.02.073.

14. Hasan, A.; Baroudi, B.; Elmualim, A.; Rameezdeen, R. Factors Affecting Construction Productivity: A 30 Year Systematic Review. *Engineering, Construction and Architectural Management* **2018**, *25*, 916–937, doi:10.1108/ECAM-02-2017-0035/FULL/PDF.
15. Yankov, L.; Kleiner, B.H. Human Resources Issues in the Construction Industry. *Management Research News* **2001**, *24*, 101–105, doi:10.1108/01409170110782711/FULL/PDF.
16. Zhang, H.; Nardon, L.; Sears, G.J. Migrant Workers in Precarious Employment. *Equality, Diversity and Inclusion* **2022**, *41*, 254–272, doi:10.1108/EDI-01-2021-0018/FULL/PDF.
17. Acharya, P.; Boggess, B.; Zhang, K. Assessing Heat Stress and Health among Construction Workers in a Changing Climate: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **2018**, *Vol. 15*, Page 247 **2018**, *15*, 247, doi:10.3390/IJERPH15020247.
18. Wong, J.M.W.; Thomas Ng, S.; Chan, A.P.C. Strategic Planning for the Sustainable Development of the Construction Industry in Hong Kong. *Habitat International* **2010**, *34*, 256–263, doi:10.1016/J.HABITATINT.2009.10.002.
19. Hwang, B.G.; Shan, M.; Looi, K.Y. Key Constraints and Mitigation Strategies for Prefabricated Prefinished Volumetric Construction. *Journal of Cleaner Production* **2018**, *183*, 183–193, doi:10.1016/J.JCLEPRO.2018.02.136.
20. Mancini, G. Construction and Test of the SM1 MicroMegas Chambers for the Upgrade of the Forward Muon Spectrometer of the ATLAS Experiment. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **2019**, *936*, 442–444, doi:10.1016/J.NIMA.2018.11.069.
21. Wuni, I.Y.; Shen, G.Q. Towards a Decision Support for Modular Integrated Construction: An Integrative Review of the Primary Decision-Making Actors. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1668633> **2019**, doi:10.1080/15623599.2019.1668633.
22. Aghayeva, K.; Ślusarczyk, B. Analytic Hierarchy of Motivating and Demotivating Factors Affecting Labor Productivity in the Construction Industry: The Case of Azerbaijan. *Sustainability* **2019**, *Vol. 11*, Page 5975 **2019**, *11*, 5975, doi:10.3390/SU11215975.
23. Gobierno Autonomo de la Provincia del Cañar *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Provincial Del Cañar Actualizado*; 2019;
24. Cano, A.; Duque, G. Rendimientos y Consumos de Mano de Obra. In Proceedings of the SENA - CAMACOL; Medellin, 2000.
25. Botero Botero, L.F. Análisis de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra En Actividades de Construcción. *Universidad EAFIT* **2002**.
26. Fernández Collado, C.; Pilar Baptista, L.; Hernández, S. *Metodología de La Investigación*; McGraw Hill, 2014;
27. Ameyaw, E.E.; Hu, Y.; Shan, M.; Chan, A.P.C.; Le, Y. Application of Delphi Method in Construction Engineering and Management Research: A Quantitative Perspective. *Vilnius Gediminas Technical University* **2016**, *22*, 991–1000, doi:10.3846/13923730.2014.945953.
28. Balanda, K.P.; Macgillivray, H.L. Kurtosis: A Critical Review. *American Statistician* **1988**, *42*, 111–119, doi:10.1080/00031305.1988.10475539.

29. Lugo–Armenta, J.G.; Pino–Fan, L.R. Niveles de Razonamiento Inferencial Para El Estadístico T-Student. *Bolema: Boletim de Educação Matemática* **2022**, *35*, 1776–1802, doi:10.1590/1980-4415V35N71A25.
30. Remolina Millán, A.; Polanco Sánchez, L.M. Estudio de Rendimientos Para Las Actividades Estructura y Mampostería Para Un Proyecto de Construcción En El Campus de La UPB. *Prospectiva* **2014**, *12*, 105–112, doi:10.15665/RP.V12I2.294.

Author's review:

Ivett Thalia Cuenca Cabrera Maestranda en Construcciones con mención en administración de la construcción sustentable, en la Universidad Católica de Cuenca, graduada en Ingeniería Civil por la misma institución, ha trabajado en fiscalización de proyectos de construcción por 1 año y como técnica de la dirección de obra públicas del GAD de Biblián por 5 años.



Nelson Federico Córdova González. Decano la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Católica de Cuenca, graduado de Ingeniero Civil y Economista, Magister en Geomática con Mención en Ordenamiento Territorial, ha trabajado como perito evaluador..



© 2022 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>