

Rendimiento y productividad de la mano de obra en construcciones de albañilería en Cajamarca

Labor performance and productivity in masonry construction in Cajamarca, Peru

Jaime O. Amorós Delgado^{1*}, Mauro A. Centurión Vargas¹ y Marco W. Hoyos Saucedo¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1070, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

*Autor de correspondencia: jamoros@unc.edu.pe

Resumen

El rendimiento y la productividad de la mano de obra en las construcciones de albañilería es un factor importante en el costo de este tipo de trabajos, por ello, contando con la participación de estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, se ha efectuado la visita a nueve construcciones de albañilería en las cuales se ha observado el rendimiento y la productividad de la mano de obra utilizada, así como mediciones para determinar el tiempo productivo de la misma mano de obra en partidas que se desarrollan en la construcción. Se ha observado que la mitad de las partidas estudiadas alcanzan un rendimiento mayor al indicado por CAPECO; sin embargo, este mayor rendimiento no está aparejado con la calidad requerida para obtener un producto adecuado, lo cual generan costos de no calidad o una obra de una calidad inadecuada. En el caso de las partidas en las que se ha obtenido valores menores a los proporcionados por CAPECO, el cual puede deberse a baja calidad de la mano de obra, que incide tanto en el rendimiento y productividad, así como en la calidad del producto que se ha indicado anteriormente. En cuanto al tiempo productivo de uso de la mano de obra se observó que comparado con los resultados de la investigación de Tullume, se obtiene valores en los cuales los resultados son similares. En base a estos resultados se considera necesario que no se realicen estudios solamente para determinar el rendimiento y productividad, así como para determinar el tiempo productivo de la mano de obra, sino, se efectúen propuestas de implementación de nuevos procesos constructivos, así como se apliquen nuevas metodologías en la administración de las obras que se ejecuten.

Palabras clave: albañilería, Cajamarca, productividad, rendimiento, tiempo productivo

Abstract

The performance and productivity of labor in masonry constructions are significant factors influencing the costs of such projects. In light of this, a study involving the participation of Civil Engineering students from the National University of Cajamarca was conducted. The study involved visits to nine masonry constructions to assess the performance and productivity of the labor force, as well as measurements to determine the productive time of the same workforce in tasks carried out during construction. It was observed that half of the analyzed tasks exceeded the performance levels indicated by CAPECO. However, this increased performance did not necessarily align with

the required quality standards for producing a suitable product, leading to costs associated with poor quality or inadequate work. For tasks where values were below those provided by CAPECO, the lower performance could be attributed to the poor quality of the workforce, affecting both productivity and the quality of the product, as mentioned earlier. Regarding the productive time of labor, it was noted that the results were similar to those found in Tullume's research. Based on these findings, it is deemed essential not only to conduct studies to determine performance, productivity, and labor time but also to propose the implementation of new construction processes and apply innovative methodologies in project management.

Keywords: masonry, Cajamarca, productivity, performance, productive time

Introducción

El sector de la construcción se caracteriza en general por frecuentes retrasos en los plazos, sobrecostos presupuestarios y problemas para mantener la calidad adecuada (Nowotarskia et al., 2016). Estos aspectos están íntimamente relacionados con la productividad y el rendimiento en las obras, por lo que son temas de vital importancia para determinar el costo y el presupuesto en cualquier proyecto; lo cual también ocurre en el caso de las obras de albañilería.

Ocurre que frecuentemente se utilizan valores que son tomados de los ofrecidos por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) o los que se tienen en los expedientes técnicos, así como los utilizados por las entidades públicas; sin embargo, se puede observar que existe discrepancias importantes en todo este tipo de información. Por ello, tomando en cuenta que los estudiantes de ingeniería civil desarrollan trabajos de observación y seguimiento en diversas obras, precisamente para determinar valores que corresponden a este rubro se consideró pertinente el desarrollo del presente trabajo.

La evaluación de las operaciones de construcción existentes durante los estudios de mejora de la productividad requiere dos fases. En la primera fase, los miembros del equipo de mejora de la productividad recopilan datos. Luego, durante la segunda fase, los datos se analizan y se utilizan para determinar si existen procesos alternativos que ayudarían a aumentar la productividad (Yates, 2014). En el presente trabajo, debido a que se tomaron los datos de las obras sin intervenir para implementar procesos de mejora debido a la naturaleza de la participación de los estudiantes, solamente se propuso algunos procesos de mejora; sin embargo, la participación de los estudiantes les será de utilidad para poder desempeñarse adecuadamente en el trabajo profesional. Además, hay que tomar en cuenta que la participación de estudiantes en los trabajos de investigación es parte importante en su formación académico profesional, lo que les permitirá un mejor desempeño en su vida profesional.

Materiales y métodos

Se utilizó la metodología descriptiva, mediante la observación directa en las construcciones de albañilería, determinando el rendimiento y la productividad de la mano de obra en construcciones de albañilería. La muestra

corresponde a las obras en las cuales los estudiantes de la asignatura Planificación, Programación y Control de Obras de Ingeniería tomaron información en base a las partidas que se observaron en las fechas correspondientes en la ciudad de Cajamarca (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de construcción, ubicación y estudiantes que efectuaron la visita a la obra

N°	Tipo de construcción	Ubicación	Estudiantes	Sector Cajamarca
V1	Vivienda Multifamiliar 5 niveles	Intersección de los Jirones Tahuantinsuyo con Mariscal Cáceres	Bustamante Colunche, Josué Pachamango Calderón, Percy William Rojas Cotrina, Wilmer Vásquez Tirado, Manuel	San Martín Sector 13
V2	Vivienda unifamiliar dos niveles + azotea	Jirón Señor de Huamantanga cuadra # 2, del barrio Mollepampa	Grandez Pozo, Daniel Andrés Jara Fabián, Daniel Mateo Mendoza Rojas, Diego Alonso Peláez Aliaga, Krantz José Cárdenas Bracamonte, Pierre	Mollepampa Sector 14
V3	Vivienda unifamiliar de 5 niveles	Prolongación 5 esquinas N°189	Huamán Villanueva, Thania Malaver Uriarte Axl Tacilla Rojas Víctor	Sector 16 El Estanco
V4	Vivienda Unifamiliar (1er nivel tienda comercial) 4 niveles	Intersección entre el Jr. Tulipanes y Av. San Martín de Porres	Burgos Julca, Henry Carrio Izquierdo, Aldimer Ramírez Castro, Alexis Tarrillo Vásquez, Luis	San Martín Sector 13
V5	Vivienda comercio, 4 niveles	Intercepción Beato Masías Los Tulipanes	Aguirre Trigos, Richard Cortez Caruajulca, David Rodríguez Bernal, Jamer Vásquez Tirado, Yony Cerdán Cueva, Wilmer Iván	San Martín Sector 13
V6	Vivienda multifamiliar 3 niveles	Jr. Piura Cuadra 2	Cueva Gonzáles, Ángel Flores Cueva, Oswaldo Rodríguez Carrasco, Kevin Aguilar Rengifo, Fredy	San Martín Sector 13
V7	Vivienda de tres pisos + azotea	Jr. Miguel Ángel s/n	Banda Zelada, Harry Antony Edquén Pérez, Wilmar Andrés Gálvez Díaz, Christian Daniel Cruzado Gonzales, Omar	San Martín Sector 13
V8	Vivienda 5 niveles	Urb. Docentes de la UNC, entre Edgardo Regnau y Camacho	Díaz Zamora, Omar Peralta Malaver, Dante Yohan Rivas Olivares, Jorge Ruiz Zelada, Franklin	Nuevo Cajamarca Sector 9
V9	Vivienda multifamiliar 6 niveles	Jr. Los Zafiros s/n	Alvarado Castillo, Marilyn Alexandra León Alcántara, Jhonatan Arturo Narvajo Goicochea, Katerine Juleisi Villanueva Terán, Harold	Sector 9 Pueblo Libre

Trabajo en campo. Se han efectuado visitas de campo para tomar información de cada una de las actividades desarrolladas en las obras seleccionadas. Se realizó el metrado y la medición del tiempo respectivo, así como se ha procedido a observar el uso del tiempo en el trabajo, lo que ha requerido que previamente se ha definido los

tiempo productivos, contributivos y no contributivos.

Trabajo en gabinete. Se ha determinado el rendimiento y la productividad de la mano de obra en base a los datos obtenidos en campo, así como se ha elaborado las cartas balance de las actividades observadas en las mismas obras en base a la información obtenida en campo.

Procedimiento de observación. Se ha visitado las nueve construcciones seleccionadas, durante un periodo promedio de tres semanas para poder observar el proceso constructivo, efectuar las mediciones correspondientes buscando no interferir en el trabajo realizado por los obreros que han participado en las actividades observadas. Como parte de las tareas asignadas a los estudiantes se les ha solicitado también que identifiquen las fallas y errores cometidos durante la ejecución de los trabajos observados, de lo cual se ha presentado el informe correspondiente. Adicionalmente, se ha seleccionado una actividad para en ella determinar el uso del tiempo en el trabajo, es decir se ha utilizado la carta de balance para determinar el tiempo productivo, contributivo y no contributivo que se tiene en las actividades observadas.

Resultados

Los resultados se ordenaron y se muestran a continuación.

a. Rendimiento mano de obra

Tabla 2. Rendimiento de mano de obra en viviendas de albañilería

Vivienda N° 1							
N°	Descripción	Horas hombre			Relación	Rend. Mayor	Rend. Menor
		Obra	CAPECO	Unidad			
1	Muros de tabiquería - sogá	0.79	1.88	hh/m2	42%	1	
2	Encofrado de columnas	2.58	1.68	hh/m2	154%		1
3	Vaciado de concreto en columnas	11.24	11.36	hh/m3	99%	2	
4	Desencofrado de columnas	0.42	0.60	hh/m2	70%	3	
Vivienda N° 2							
5	Habilitación de madera y encofrado	3.66	4.86	hh/m2	75%	4	
6	Colocación de acero	0.075	0.07	hh/Kg	107%		2
7	Vaciado de concreto en losa	10.01	11.2	hh/m3	89%	5	
8	Colocación de frisos	1.43	1.00	hh/m2	143%		3
9	Colocación de ladrillo de techo	0.034	0.044	hh/lad	77%	6	
Vivienda N° 3							
10	Apisonado	0.04	0.08	hh/m2	50%	7	
11	Excavación simple	3.35	3.52	hh/m3	95%	8	

12	Habilitación y armado acero columnas	0.06	0.07	hh/kg	86%	9
13	Desencofrado de columnas	0.42	0.60	hh/m2	70%	10
Vivienda N° 4						
14	Encofrado viga de cimentación (30x50)	1.82	1.68	hh/m2	108%	4
15	Preparación y vaciado concreto escalera	11.67	9.48	hh/m3	123%	5
16	Encofrado fondo de vigas	1.55	1.87	hh/m2	83%	11
17	Colocación acero vigas	0.10	0.07	hh/m2	142%	6
Vivienda N° 5						
18	Desencofrado de columnas	1.35	0.6	hh/m2	225%	7
19	Encofrado de columnas.	4.51	1.68	hh/m2	268%	8
20	Concreto en columnas	28.32	11.36	hh/m3	249%	9
21	Asentamiento de ladrillo	4.58	2.31	hh/m2	199%	10
22	Desencofrado de losa aligerada	0.6	0.67	hh/m2	90%	12
23	Encofrado de escalera	3.93	2.67	hh/m2	147 %	11
24	Acero de escalera fy=4200	0.10	0.07	hh/kg	152%	12
25	Encofrado de vigas	5.15	1.87	hh/m2	276%	13
26	Acero de vigas fy= 4200	0.08	0.07	hh/kg	118%	14
Vivienda N° 6						
27	Asentado ladrillo muros de soga	1.15	1.85	hh/m2	62%	13
28	Excavación zanjas	2.67	3.52	hh/m3	76%	14
29	Encofrado y desencofrado vigas de cimentación	2	1.91	hh/m2	105%	15
30	Colocación de acero vigas cimentación	0.09	0.07	hh/kg	129%	16
31	Colocación de acero columnas	0.1	0.07	hh/kg	143%	17
32	Desencofrado sobrecimientos	1	0.86	hh/m2	116%	18
Vivienda N° 7						
33	Asentado de ladrillo caravista	2.29	2.43	hh/m2	94%	15
34	Encofrado columnas – cerco perimétrico	2.47	1.68	hh/m2	147%	19
35	Vaciado concreto columnas cerco	10.67	13.76	hh/m3	75%	16
36	Desencofrado columnas	0.6	0.74	hh/ m2	81%	17
37	Tarrajeo de cielo raso	0.91	1.05	hh/ m2	87%	18
38	Tarrajeo muros	1.05	0.64	hh/ m2	164%	20
Vivienda N° 8						
39	Asentado de ladrillo	2.79	1.65	hh/m2	169%	21
40	Habilitación y encofrado columnas	3.47	2.95	hh/m2	118%	22
41	Vaciado concreto columnas cerco	10.67	11.36	hh/m3	94%	19
42	Vaciado concreto losa aligerada	8.58	11.22	hh/ m2	77%	20
Vivienda N° 9						

43	Encofrado de viga	5.00	1.87	hh/m2	267%		23
44	Armado acero de viga	0.10	0.07	hh/kg	142%		24
45	Encofrado de losa	0.49	1.40	hh/m2	35%	21	
46	Colocación de ladrillo de techo	0.042	0.044	hh/U	65%	22	
47	Vaciado de losa aligerada	2.25	5.22	hh/m3	43%	23	
48	Desencofrado frisos	0.12	0.33	hh/m2	36%	24	
49	Encofrado de vigas	0.61	0.70	hh/m2	87%	25	
50	Encofrado de escalera	2.28	2.80	hh/m2	81%	26	
51	Armado acero escalera	0.14	0.07	hh/Kg	200%		25
52	Llenado de concreto vigas	12.50	5.68	hh/m3	220%		26

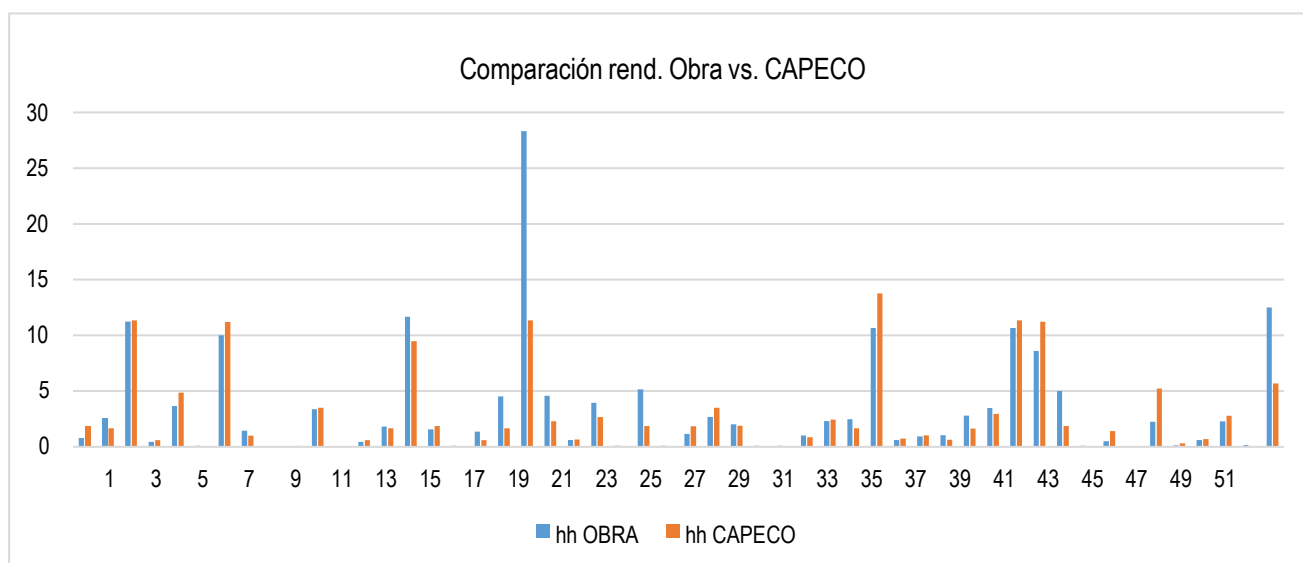


Figura 1. Valores obtenidos en Obra vs. Los brindados por CAPECO

b. Resultados comparados de rendimiento de M.O.

Tabla 3. Comparación rendimiento M.O. actividad asentado de ladrillo

Unidad	Vivienda N° 1			Vivienda N° 6	
	hh CAPECO	hh Obra	Relación	hh Obra	Relación
hh/m2	1.88	0.79	42%	1.15	62%

Tabla 4. Comparación rendimiento M.O. actividad Encofrado de columnas

Unidad	Vivienda N° 1			Vivienda N° 5		Vivienda N° 7	
	hh	hh	Relación	hh	Relación	hh	Relación

	CAPECO	Obra		Obra		Obra	
hh/m2	1.68	2.58	154%	4.51	268%	2.47	147%

Tabla 5. Comparación rendimiento actividad vaciado de concreto en columnas

Unidad	Vivienda N° 1		Vivienda N° 5		Vivienda N° 7		Vivienda N° 8	
	hh CAPECO	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación
hh/m3	11.36	11.24 99%	28.32 249%	10.67 94%	10.67 94%			

Tabla 6. Comparación rendimiento M.O. actividad desencofo de columnas

Unidad	Vivienda N° 1		Vivienda N° 3		Vivienda N° 5	
	hh CAPECO	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación
hh/m2	0.60	0.42 70%	0.42 70 %	1.35 225%		

Tabla 7. Comparación rendimiento M.O actividad colocación de Acero de construcción

Unidad	Vivienda N° 2		Vivienda N° 6	
	hh CAPECO	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación
hh/kg	0.07	0.075 107%	0.09 129%	

Tabla 8. Comparación rendimiento M.O actividad Vaciado de concreto losa

Unidad	Vivienda N° 2		Vivienda N° 8	
	hh CAPECO	hh Obra Relación	hh Obra Relación	hh Obra Relación
hh/m3	11.2	10.01 89%	8.58 77%	

c. Uso de tiempo en el trabajo

Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 9. Uso de tiempo en partidas estudiadas

Actividad	TP	TC	TNC
Concreto columnas	25	55	20
Encofrado columnas	40	35	25
Colocación de acero	40	29	31
Acero columnas	43	20	37
Concreto escaleras	42	39	19
Asentado ladrillo	36	22	42
Acero vigas	57	27	16

Los valores obtenidos se compararon trabajo de F. Tullume Mejora de la productividad por medio de la herramienta cartas balance en un edificio multifamiliar en la ciudad y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Tesis desarrollada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo. La única actividad que ha sido observada por dos grupos y que permite la comparación respectiva es la de colocación de acero, en la vivienda N° 2 y en la N° 9, con los resultados presentados en la tabla N° 10.

Tabla 10. Comparación de uso de tiempo de M.O. en colocación de acero

Tiempo	TP	TC	TNC
Vivienda N° 2	40	29	31
Vivienda N° 9	57	27	16
Promedio	49	28	23
Tullume	46	35	19

Discusión

En cuanto al rendimiento de la mano de obra

De los resultados obtenidos, se puede observar que existen 26 actividades en las cuales se tiene un rendimiento en obra mayor al que presenta CAPECO y 26 partidas en las cuales ocurre todo lo contrario. De las partidas en las que se ha obtenido un rendimiento en obra mayor al que se indica en CAPECO, se tiene que 1a partida en las que se obtuvo el 42% de lo que indica CAPECO, que corresponde a la partida asentado de ladrillo (0.79 hh/m² en obra, 1.88 hh/m²). Este resultado de alto rendimiento en obra debe tomarse con mucho cuidado, porque este alto rendimiento puede estar asociado a la calidad del trabajo realizado, parámetro importante que conlleva gastos de calidad que se generan debido a la necesidad de corregir los errores que se generan por esta falta de calidad en los trabajos realizados; sin embargo, se debe indicar que es necesario se efectúe un mayor número de observaciones para estos casos, así como, se debe incluir la variable calidad para poder obtener mejores conclusiones.

En las partidas en las que se ha observado un menor rendimiento se ha podido observar que la actividad encofrado

de vigas se ha obtenido valores mayores a los que se consideran en CAPECO (hasta 27.6% en el caso de encofrado de vigas). El obtener menor rendimiento en obra que los datos proporcionados por CAPECO, puede atribuirse a la poca capacitación de la mano de obra utilizada, así como a el uso de materiales y/o equipos que no se encuentran en condiciones adecuadas.

Podemos indicar que la gran variación de resultados obtenidos en obra, respecto a los proporcionados por CAPECO hacen notar la importancia que tiene el estudio de los rendimientos y la productividad en la obra; sin embargo, lo importante es el plantear soluciones ante esta problemática. La solución más adecuada pasa por plantear procedimientos constructivos que generen menos pérdidas que los que actualmente se vienen utilizando, ya que en la mayor parte de los casos se viene utilizando procesos constructivos que no han sido mejorados hace mucho tiempo.

Las comparaciones anteriores se han efectuado tomando en cuenta cada partida en forma independiente comparada con los valores dados por CAPECO; además, debido a que algunas partidas se han observado en diferentes viviendas, se ha procedido a comparar los valores obtenidos en obra y el valor dado por CAPECO. Así por tenemos en el caso de asentado del ladrillo, los valores obtenidos en las viviendas N° 1 y 6, se ha utilizado una menor cantidad de mano de obra que lo indicado por CAPECO, en 42 y 62% menores en la obra. En la tabla N° 4 se puede observar que el rendimiento en la partida encofrado de columnas es menor al indicado por CAPECO, debido a que se requiere un 15.4%, 26.8% y 14.7% más de la mano de obra indicada por CAPECO.

En la tabla N° 5 se puede observar que en la partida vaciado de concreto en columnas se tiene tres viviendas en las que se ha obtenido un mayor rendimiento que lo indicado por CAPECO, con valores de 99, 94 y 94% de requerimiento de mano de obra respecto a lo indicado por CAPECO. Pero se tiene la vivienda N° 5 en la que se ha requerido un 24.9% más de mano de obra respecto a lo indicado por CAPECO.

En las tablas N° 6, 7 y 8, se puede observar que para las mismas actividades se obtienen diferentes requerimientos de mano de obra nos hacen notar que no se puede brindar un valor único para cada actividad y que existe mucha variación en los resultados obtenidos por lo que estos valores no pueden reemplazar a los brindados por CAPECO. Además, es importante hacer notar que las diferencias obtenidas tanto entre viviendas así como los valores brindados por CAPECO pueden deberse a la calidad de la mano de obra utilizada, así como a los procedimientos constructivos empleados, así como a la calidad de los recursos como equipos e insumos utilizados.

En cuanto al uso del tiempo de la mano de obra

De las comparaciones efectuadas en cuanto al uso de la mano de obra se puede indicar que se han obtenido un valor igual al obtenido por Tullume, para el caso de la partida colocación de acero. Se ha obtenido valores iguales de uso de tiempo productivo para el caso de la partida encofrado de columnas, y en el caso de la partida vaciado de concreto en columnas, los valores obtenidos en las obras observadas en menor al obtenido por Tullume.

Se puede indicar que al igual que los resultados obtenidos en el rendimiento, se tiene diferencias que hacen ver que es necesario se mejoren los procesos constructivos utilizados. Las comparaciones que se debe realizar no deben hacerse únicamente en el uso del tiempo productivo, sino contrastando el rendimiento alcanzado. Por estas razones es necesario que se realicen investigaciones comparando la aplicación de nuevos procedimientos constructivos, así como nuevas metodologías de administración de proyectos.

Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede observar que existen partidas en las cuales los rendimientos observados en obra son mayores a los que indica CAPECO; sin embargo, la calidad del trabajo alcanzado genera costos de no calidad, debido a los errores que se presentan en los trabajos realizados. En las partidas en las que se alcanzan rendimientos en obra menores a los indicados por CAPECO, los cuales pueden ser por la calidad de la mano de obra, la misma que requiere mayor capacitación.

Un aspecto importante que se debe considerar es que debe trabajarse en la mejora de los procesos constructivos desarrollando investigaciones en las cuales se evalúe el rendimiento y la productividad aplicando nuevos procesos constructivos, así como nuevas metodologías administrativas de gestión de obras.

Referencias

Arboleda, Sergio. 2014. Análisis de la Productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación. Medellín.

Mckinsey Global Institute. 2017. Reinventing construction: a route to higher productivity. Mckinsey and Company.

Mejía G y Hernández T. 2007. Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra, Universidad Industrial de Santander Ingenierías, 6, 2, 45 – 59

Mora Valverde JH. 2012. Medición y análisis de productividad de tres actividades en la construcción de un centro de distribución de 54000m². Tesis grado Instituto Tecnológico Costa Rica.

Nowotarskia P., Pasawskia J., Matyjaa J. 2016. Improving Construction Processes Using Lean Management Methodologies - Cost Case Stud: Procedia Engineering 161, 1037-1042.

OIT. 1998. Introducción al Estudio del Trabajo. Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra. Cuarta edición. Segunda reimpresión.

OIT. 2003. Tasas de Productividad Para la construcción basada en mano de obra. Organización Internacional del Trabajo, Lima Perú.

Santana, V. 1989. El tiempo improductivo en obras de construcción. Revista Ingeniería de Construcción

Scott, S. 1993. "Dealing with delay claims: A survey." International Journal of Project Management, 11(3), 143–153.

Tullume F. 2019. Mejora de la productividad por medio de la herramienta cartas balance en un edificio multifamiliar en la ciudad y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Tesis Universidad Católica Santo Toribio de Mongrovejo.

Yates J. 2014. Improvement for Construction and Engineerig, Published by American Society of Civil Engineers (ASCE).