

Análisis de la productividad de mano de obra para la construcción de una vivienda unifamiliar en el municipio de Ocaña, Norte de Santander

Analysis of labor productivity for the construction of a single-family home in the municipality of Ocaña, Norte de Santander

Msc. Pedro Nel Angarita Uscategui¹, Msc (c). Leandro Ovallos Manosalva², Ing. Blanca Yulieth Carballo Rincón³

¹Grupo de Investigación GIGMA, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, pnangarita@ufpso.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7260-9523>

²Grupo de Investigación GIGMA, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, lovallosm@ufpso.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1034-0637>

³Grupo de Investigación GIGMA, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, bycarballor@ufpso.edu.co, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3381-1585>

Como citar: P. N. Angarita-Uscategui, L. Ovallos-Manosalva y B. Y. Carballo-Rincón, "Análisis de la productividad de mano de obra para la construcción de una vivienda unifamiliar en el municipio de Ocaña, Norte de Santander", *Revista Ingenio*, vol. 15, n°1, pp. 58-62, 2018, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642x.3123>.

Fecha de recibido: 14 de julio 2017
Fecha aprobación: 30 de noviembre 2017

RESUMEN

Palabras claves:

Proyecto, productividad, trabajo productivo, trabajo contributivo, trabajo no contributivo, trabajo óptimo.

La productividad se define matemáticamente como la cantidad producida de una actividad sobre el trabajo realizado en ella; se han avanzado en muchos estudios a nivel internacional y nacional donde se ha logrado la optimización en cuanto a productividad de mano de obra para las diferentes categorías de trabajo, una investigación realizada por el sistema de gestión de productividad de la Universidad Pontificia de Chile mostro que el Trabajo Productivo fue de (TP 60%), Trabajo Contributivo de (TC 25%) y Trabajo No Contributivo de (TNC 15%). Esta investigación contemplo el análisis de la productividad de mano de obra a una vivienda unifamiliar; identificándose las actividades de mayor impacto económico del proyecto a través de una herramienta de calidad, tomando muestras aleatorias para las actividades en estudio mediante la fórmula de población infinita y aplicando la técnica de los cinco minutos a cada actividad; se tabularon los datos empleando estadística descriptiva arrojando los siguientes resultados: El Trabajo Productivo fue de (TP 56%), Trabajo Contributivo de (TC 29%) y Trabajo No Contributivo de (TNC 15%). Algunas categorías de trabajo no estuvieron dentro de las óptimas esto se debió a las tareas contributivas las cuales no fueron optimizadas en el proceso constructivo.

ABSTRACT

Key words:

Project, productivity, productive work, contributory work, non-contributory work, optimal work.

Productivity is mathematically defined as the quantity produced from an activity over the work done in it; Progress has been made in many studies at the international and national level where optimization has been achieved in terms of labor productivity for the different categories of work, an investigation carried out by the productivity management system of the Pontifical University of Chile showed that Productive Work was (TP 60%), Contributory Work (TC 25%) and Non-Contributory Work (TNC 15%). This research contemplated the analysis of the labor productivity of a single-family home; identifying the activities with the greatest economic impact of the project through a quality tool, taking random samples for the activities under study using the infinite population formula and applying the five-minute technique to each activity; The data were tabulated using descriptive statistics, yielding the following results: Productive Work was (TP 56%), Contributory Work (TC 29%) and Non-Contributory Work (TNC 15%). Some work categories were not within the optimal, this was due to the contributory tasks which were not optimized in the construction process.

1. Introducción

La productividad ha sido analizada por diferentes sectores de la industria [1], siendo un tema que compete a las diferentes empresas para desarrollar un producto en cuanto a alcance, tiempo, costo y calidad. Esta se define matemáticamente como la cantidad producida sobre el trabajo realizado usando unos recursos y tiempo para su obtención [2]. El rendimiento por su parte se define como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada, el cual tiene una incidencia directa sobre la productividad, pues se requiere para comprender como se gasta el tiempo al

realizar la actividad [3]. En la industria de la construcción se miden varios tipos de productividad: Productividad en equipos, materiales y mano de obra; este último siendo el más crítico dentro de las obras de construcción [4]. Es por ello que las empresas deben buscar la mejora continua de este recurso a través de herramientas y técnicas que le permitan su medición y su optimización [5]. La filosofía lean construction "construcción sin pérdidas", nos permite a través de sus herramientas desarrollar acciones para la mejora de la productividad de este recurso para las diferentes categorías de trabajo: Trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo

no contributivo [6]. Se han realizado estudios acerca de dichas categorías de trabajo resaltando el sistema de gestión de productividad de la universidad Pontificia de Chile [7]; el estudio desarrollado a 370.000 m² de construcción mostro que el Trabajo Productivo fue de (TP 60%), Trabajo Contributivo de (TC 25%) y Trabajo No Contributivo de (TNC 15%), estándares que se tienen como óptimos en mediciones en muchos países de Latinoamérica. El trabajo productivo se define como las tareas que generan valor agregado a la actividad, el trabajo contributivo como aquellas actividades de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo y el trabajo no contributivo como aquellas tareas que no aportan nada a la actividad para su generación, es decir pérdidas [8]. Es por ello que la industria de la construcción debe centrar sus esfuerzos a una construcción sin pérdidas para crear valor en los proyectos, reducir los desperdicios, costos, tiempo de los proyectos y lo más importante mejorar la productividad [9]. Lo anterior se logra con el ciclo de mejoramiento de la productividad donde se hace mediciones, evaluación y sistemas y planes de progreso para alcanzar la calidad en los procesos de obra [10]. Esta investigación desarrolla un estudio detallado de la productividad [11], específicamente de la mano de obra utilizada en la construcción de una vivienda unifamiliar en el municipio de Ocaña, la cual ayudo a consolidar información valiosa en cuanto a este recurso.

2. Metodología

La metodología empleada en esta investigación corresponde a las siguientes fases la cual se puede ver en la figura 1.

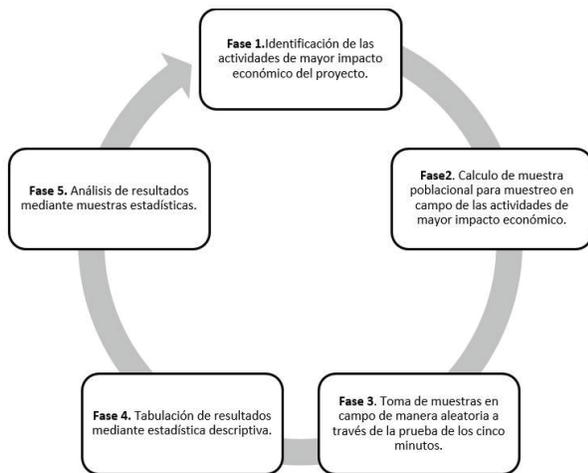


Figura 1. Metodología empleada en el proyecto.

3. Resultados y discusión

De acuerdo a las fases desarrolladas en el proyecto se obtuvieron los siguientes resultados:

3.1 Identificación de las actividades de mayor impacto económico del proyecto.

Tomando como referencia el presupuesto presentado por la empresa constructora ARDICO, la cual ejecutaba esta obra, se aplicó la regla 20 /80 de Pareto [12]; con el fin de identificar las actividades de mayor impacto económico del proyecto a las que se les desarrollo el estudio a continuación, en la figura 2 se puede observar este resultado.

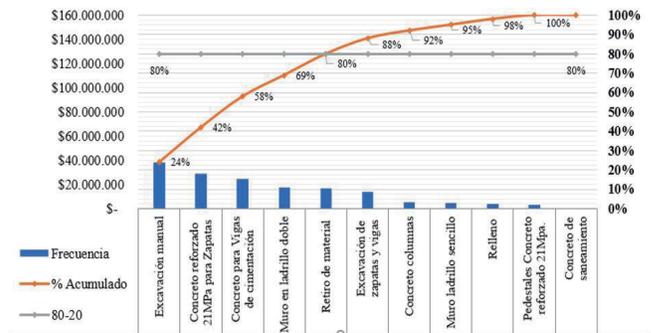


Figura 2. Regla de Pareto para actividades de mayor impacto económico de vivienda unifamiliar.

En la figura anterior puede observarse las actividades de mayor impacto económico del proyecto localizadas en la parte izquierda; el 20% del esfuerzo económico de estas genera el 80% de los resultados, estas actividades con sus costos son:

- Excavación manual material conglomerado. Nivel de sótano y conformación de rampa hacia sótano (\$38.484.600).
- Concreto reforzado 21MPa para zapatas (\$28.960.401).
- Concreto Vigas de cimentación (\$ 24.503.782).
- Muro ladrillo doble (\$17.491.437).
- Retiro de material excavado de la obra (\$17.150.000).

3.2 Cálculo de muestra poblacional para muestreo en campo de las actividades de mayor impacto económico

Para el cálculo de la toma de muestras en campo se utilizó la fórmula de población infinita recomendada para este tipo de estudio [13]; con un nivel de confianza del 95% ($Z = 1,96$), probabilidad a favor ($p = 50%$), probabilidad en contra ($q = 50%$) y un error en la estimación ($e = 5%$).

$$n = \frac{(Z)^2 x (p) x (q)}{e^2} \quad (1)$$

$$n = 384,16$$

Obteniéndose un total de 384 muestras en campo las cuales fueron distribuidas de la siguiente forma a continuación, se muestra en la siguiente tabla 1:

Tabla 1. No. de muestras en campo de acuerdo a las actividades de mayor impacto económico

Actividad	No. de muestras
Excavación manual material conglomerado	115
Concreto reforzado 21MPa para zapatas	78
Concreto Vigas de cimentación	76
Muro ladrillo doble	58
Retiro de material excavado de la obra	57

3.3 Toma de muestras en campo de manera aleatoria a través de la prueba de los cinco minutos.

La toma de muestras se hizo a través de la técnica de los cinco minutos a las muestras correspondientes en la tabla 1; en esta prueba se realizan observaciones cada cinco minutos de manera aleatoria para cada actividad de estudio y se documenta en un formato donde se clasifican las diferentes categorías de trabajo de acuerdo a las tareas realizadas para cada actividad en cuanto a Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC) a continuación, se muestra en la tabla 2 una de las observaciones realizadas para la actividad excavación manual material conglomerado. Nivel de sótano y conformación de rampa hacia sótano:

Tabla 2. Muestra para excavación manual material conglomerado.

Fecha:	Hora: 8:00 a.m.	
	Cuadrilla: 0:1	
Tiempo Productivo (TP)	100 segundos	Excavando material
Tiempo Contributivo	150 segundos	Trayendo herramienta
Tiempo No Contributivo (TNC)	50 segundos	Fumando

3.4 Tabulación de resultados mediante estadística descriptiva. Para la tabulación de resultados se realizó el análisis a través de estadística descriptiva, donde se tomaron datos extremos como valores mínimos y máximos, valores medios, etc. De acuerdo a estos resultados se pudieron realizar las mediciones porcentuales de las diferentes actividades de estudio; a continuación, se muestran estos resultados:

- Porcentajes de las categorías de trabajo para la actividad excavación manual material conglomerado. Nivel de sótano y conformación de rampa hacia sótano, se puede ver en la figura 3.

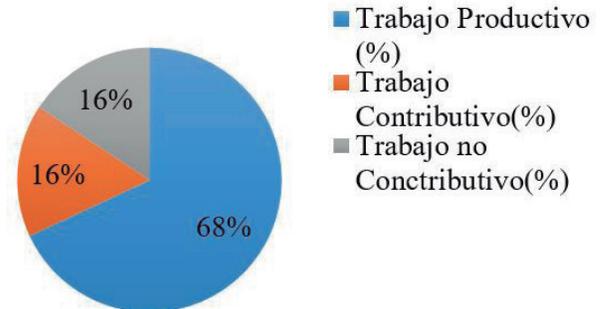


Figura 3. Porcentajes para diferentes categorías de trabajo actividad excavación manual material conglomerado.

- Porcentajes de las categorías de trabajo para la actividad concreto reforzado 21MPa para zapatas, se puede ver en la figura 4.

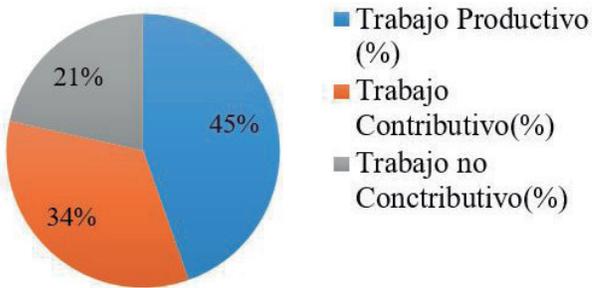


Figura 4. Porcentajes para diferentes categorías de trabajo actividad Concreto reforzado 21MPa para zapatas.

- Porcentajes de las categorías de trabajo para la actividad concreto Vigas de cimentación, se puede ver en la figura 5.

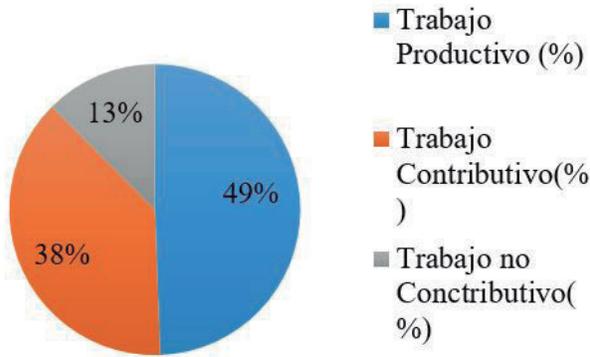


Figura 5. Porcentajes para diferentes categorías de trabajo actividad concreto Vigas de cimentación.

- Porcentajes de las categorías de trabajo para la actividad muro ladrillo doble, se puede ver en la figura 6.

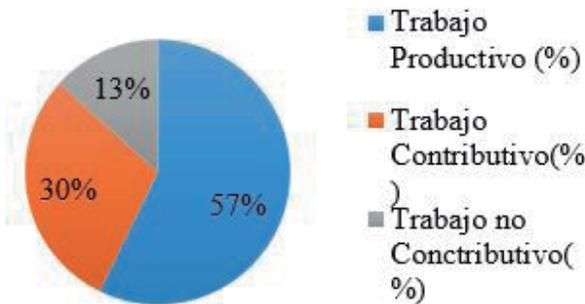


Figura 6. Porcentajes para diferentes categorías de trabajo actividad muro ladrillo doble.

- Porcentajes de las categorías de trabajo para la actividad retiro de material excavado de la obra, se puede ver en la figura 7.

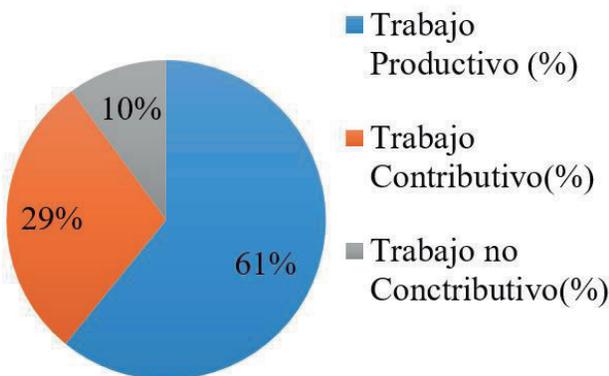


Figura 7. Porcentajes para diferentes categorías de trabajo actividad retiro de material excavado de la obra.

3.5 Análisis de resultados mediante muestras estadísticas
De acuerdo a los datos anteriores para las diferentes categorías de trabajo: Productivo, contributivo y no contributivo podemos desarrollar una carta balance para desarrollar un análisis de los datos arrojados por las diferentes actividades estudiadas a continuación, se puede observar en la figura 8.

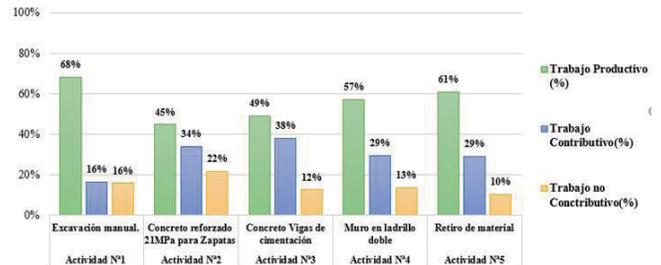


Figura 8. Carta balance para porcentajes para diferentes categorías de trabajo de las actividades de estudio.

De acuerdo a la figura anterior podemos desarrollar un promedio porcentual de las actividades de mayor impacto económico para realizar una verificación con los porcentajes óptimos recomendados por el sistema de productividad de la Universidad Pontificia de Chile con los promedios aceptados para mano de obra: Trabajo Productivo (TP 60%), Trabajo Contributivo (TC 25%) y Trabajo No Contributivo (TNC 15%) a continuación, en la figura 9 se muestran estos porcentajes.

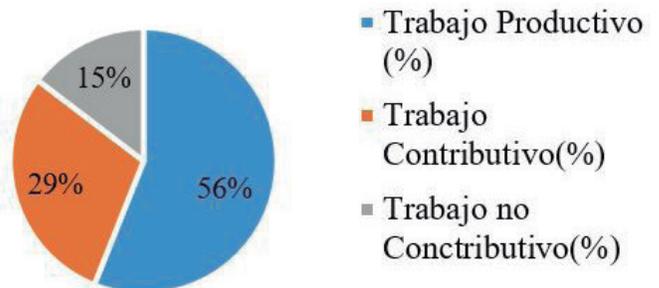


Figura 9. Porcentajes promedios para las actividades de mayor impacto económico del proyecto.

De acuerdo a la figura anterior podemos decir que el promedio general de las actividades de mayor impacto económico estudiadas de este proyecto tuvo un buen comportamiento en cuanto al Trabajo Productivo el cual fue de (TP 56%), Trabajo Contributivo de (TC 29%) y Trabajo No Contributivo de (TNC 15%).

4. Conclusiones

De acuerdo al estudio realizado se desglosan las siguientes conclusiones del desarrollo del mismo.

- Dentro de las actividades de estudio la actividad que

tuvo mejor desempeño en cuanto a productividad fue excavación manual material conglomerado. Nivel de sótano y conformación de rampa hacia sótano con un trabajo productivo el cual fue de (TP 68%), un trabajo contributivo de (TC 16%) y un trabajo no contributivo (TNC 16%); lo cual mostro la eficiencia de la cuadrilla en cuanto perdidas desarrollas en generar este producto.

- La actividad que tuvo menor desempeño en cuanto a productividad fue concreto reforzado 21MPa para zapatas con un trabajo productivo el cual fue de (TP 45%), un trabajo contributivo de (TC 34%) y un trabajo no contributivo (TNC 22%); no estando dentro de los porcentajes óptimos recomendados para mano de obra: Trabajo Productivo (TP 60%), Trabajo Contributivo (TC 25%) y Trabajo No Contributivo (TNC 15%), esto se debió a las tareas que no aportaban valor agregado a la actividad en las que se cuentan: Detenciones, tiempo ocioso, desplazamientos y necesidades fisiológicas por parte de la cuadrilla, esto desfavoreció enormemente su eficiencia para alcanzar estos estándares.
- En general el promedio de las actividades de mayor impacto económico del proyecto tuvo un buen comportamiento en cuanto a su productividad de mano de obra las cual oscilo (TP 56%), Trabajo Contributivo de (TC 29%) y Trabajo No Contributivo de (TNC 15%); esto se debió a la buena supervisión por parte de la interventoría y de la empresa constructora en lograr con éxito la consolidación del proyecto en cuanto a alcance, tiempo, costo y calidad.
- El diagrama de Pareto es una herramienta considerada dentro de las siete herramientas de calidad, nos ayuda a tomar decisiones que para este caso en la parte económica del proyecto donde mostro que el 20% de los esfuerzos económicos muestra el 80% de los resultados en cuanto la gestión del presupuesto.
- Los estudios de productividad en especial de mano de obra son importantes realizarlos porque ayudan a empresas constructoras a realizar acciones de mejora para mejorar la productividad de este recurso siendo este el más crítico dentro de un proyecto de obra.

5. Agradecimientos

Los autores dan los agradecimientos al grupo de investigación en geotecnia, construcción y medio ambiente GIGMA, por brindar los espacios necesarios para el desarrollo de este tipo de investigación.

6. Referencias bibliográficas

- [1] Gómez, J. M., & Bottini, M. Á. N. “Productividad de las empresas de la zona extractiva minera-energética y su incidencia en el desempeño financiero en Colombia.” *Estudios gerenciales*, vol. 33(145), pp. 330-340, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.002>
- [2] Serpell, A. “Productividad en la construcción”. *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 1(1), pp.53-59, 2011.
- [3] Botero Botero, L. F. “Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción.” *Revista Universidad EAFIT*, vol.38(128), pp. 9-21. 2002.
- [4] Aguilar, G. M., & Hernández, T. C. “Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra.” *Revista UIS ingenierías*, vol. 6(2), pp. 45-59, 2007.
- [5] Díaz, H. P., Rivera, O. G. S., & Guerra, J. A. G. “Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. Avances: Investigación en Ingeniería,” vol.11(1), pp. 32-53. 2014.
- [6] Contreras, C., Edwards, G., & Mizala, A. “La productividad científica de economía y administración en Chile: un análisis comparativo.” *Cuadernos de economía*, vol. 43(128), pp. 331-354. 2006.
- [7] López, M. D. R., Grajales, M. H., & Corrales, M. E. V. “Lean construction–LC bajo pensamiento Lean”. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 16(30), pp.115-128, 2017. Doi: <https://doi.org/10.22395/riium.v16n30a6>
- [8] Howell, G. A. What is lean construction-1999. In *Proceedings IGLC*, vol. 7, p. 1, July, 1999.
- [9] Mínguez, J. B. P., & Moreno, A. S. (2004). *Calidad del diseño en la construcción*. Ediciones Díaz de Santos.
- [10] Carro, R., & González Gómez, D. A. (2012). *Productividad y competitividad*.
- [11] Borjas, C. M. B. “Ley de pareto aplicada a la fiabilidad”. *Ingeniería mecánica*, vol.8(3), pp.1-9, 2005.
- [12] Vargas Biesuz, B. E. “Tópicos de inferencia estadística: El método inductivo y el problema del tamaño de la muestra. Fides et Ratio”, *Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, vol.7(7), pp. 86-92, 2014.