

Estudio comparativo de rendimientos de mano de obra en la construcción en Colombia

Duvan Alberto Gelves Galvis

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y supervisión de la
construcción**

Director

Karen Andrea Torrado Verjel

Especialista en gerencia de proyectos

Universidad Santo Tomás

Facultad de Arquitectura

Bucaramanga

2024

Agradecimientos

A Dios y a mis padres.

Contenido

- Introducción..... 11
- 1. Planteamiento del problema 13
- 2. Objetivos..... 15
 - 2.1. Objetivo general:..... 15
 - 2.2. Específicos:..... 15
- 3. Justificación 15
- 4. Marco teórico..... 17
 - 4.1. Rendimientos para materiales..... 17
 - 4.2. Rendimientos de equipo y herramienta 17
 - 4.3.1. Economía general..... 18
 - 4.3.2. Aspectos laborales..... 18
 - 4.3.3. Clima 19
 - 4.3.4. Actividad 19
 - 4.3.5. Equipamiento 20
 - 4.3.6. Supervisión 20
 - 4.3.7. Trabajador..... 20
 - 4.4. Concepto del trabajo 22
 - 4.5. Concepto de perdida..... 23
 - 4.6. Construdata..... 24
- 5. Marco legal 26
 - 5.1. Código sustantivo del trabajo 26

5.1.1. Artículo 1	26
5.1.2. Artículo 5	26
5.1.3. Artículo 22	26
5.1.4. Artículo 309	26
5.1.5. Artículo 312	27
5.2. Ley 400 de 1997	27
5.3. Resolución 2410 de 1979	27
5.4. Resolución 0312 de 2019	28
5.5. Decreto 472 de 2015	28
5.6. Ley 1562 de 2012.....	28
5.7. Resolución 1409 de 2012	28
6. Identificación de los diferentes métodos	28
6.1. La experiencia.....	29
6.2. Información documental.....	29
6.3. Estudio del trabajo	29
6.3.1 Procedimiento:.....	31
6.4. Medición directa en obras similares.....	34
7. Casos de estudio en la bibliografía disponible	36
8. Cuadro comparativo entre métodos	56
9. Conclusiones.....	60
Referencias	61

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Eficiencia en la productividad</i>	21
Tabla 2. <i>Factores de afección al rendimiento</i>	22
Tabla 3. <i>Holguras recomendadas por el ILO</i>	32
Tabla 4. <i>Rendimientos obtenidos en el estudio de Polanco</i>	36
Tabla 5. <i>Rendimientos obtenidos por Ramírez y Portillo</i>	47
Tabla 6. <i>Cuadro comparativo entre métodos</i>	56

Lista de figuras

Figura 1. <i>Ejemplo de formato para elementos y actividades</i>	32
Figura 2. <i>Formato de toma de Datos ejemplo 1</i>	35
Figura 3. <i>Formato de toma de datos ejemplo 2</i>	35
Figura 4. <i>Formato de toma de dato ejemplo 3</i>	35
Figura 5. <i>Rendimientos obtenidos en el estudio de Becerra</i>	38
Figura 6. <i>Rendimientos obtenidos en el estudio de Botero</i>	39
Figura 7. <i>Rendimientos obtenidos en el estudio de Mejía y Hernández</i>	40
Figura 8. <i>Rendimientos obtenidos en el estudio de Sergio Arboleda</i>	41
Figura 9. <i>Rendimientos obtenidos por Gonzales y Moreno</i>	42
Figura 10. <i>Rendimientos obtenidos por Mahecha</i>	43
Figura 11. <i>Rendimientos obtenidos por Roa y Carrillo</i>	44
Figura 12. <i>Obras estudiadas por Caballero y Vargas</i>	45
Figura 13. <i>Rendimientos encontrados por Caballero y Vargas</i>	46
Figura 14. <i>Rendimientos obtenidos por Martínez y Valeta</i>	48
Figura 15. <i>Rendimientos obtenidos por Velandia</i>	50
Figura 16. <i>Rendimientos obtenidos por Ortiz y Hurtado</i>	51
Figura 17. <i>Rendimientos obtenidos por Góngora y López</i>	52
Figura 18. <i>Rendimientos obtenidos por Losada</i>	53
Figura 19. <i>Rendimientos obtenidos por Mancilla y Sarmiento</i>	54

Resumen

La presente monografía aborda la problemática de la falta de estudios detallados sobre los rendimientos de la mano de obra en el sector de la construcción en Colombia, una deficiencia que afecta negativamente la planificación y ejecución de proyectos constructivos en el país. A través de la evaluación comparativa de diversas metodologías utilizadas para calcular los rendimientos de mano de obra y el análisis de estudios previos, se busca proporcionar a los constructores una herramienta útil y accesible para mejorar la toma de decisiones en sus proyectos.

El estudio identifica y compara las metodologías más empleadas en Colombia, tales como la experiencia propia de las empresas, la medición directa en obra, y el uso de información documental. Cada una de estas metodologías presenta ventajas y desventajas que deben ser consideradas al momento de su aplicación en distintos contextos. Además, se analiza la variabilidad en los resultados obtenidos por diferentes estudios, resaltando la importancia de adaptar las metodologías a las condiciones específicas de cada proyecto. Al consolidar y analizar la información disponible sobre rendimientos, este trabajo ofrece una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos, contribuyendo al fortalecimiento de la industria constructiva en el país y sumando al conocimiento existente sobre los rendimientos de mano de obra.

Palabras clave: rendimiento de la mano de obra, sector de la construcción, planificación de proyectos

Abstract

This monograph addresses the issue of the lack of detailed studies on labor productivity in the construction sector in Colombia, a deficiency that negatively impacts the planning and execution of construction projects in the country. Through a comparative evaluation of various methodologies used to calculate labor productivity and an analysis of previous studies, the aim is to provide builders with a useful and accessible tool to improve decision-making in their projects. The study identifies and compares the most used methodologies in Colombia, such as companies' own experience, direct measurement on-site, and the use of documentary information. Each of these methodologies presents advantages and disadvantages that should be considered when applying them in different contexts. Additionally, the variability in results obtained by different studies is analyzed, highlighting the importance of adapting methodologies to the specific conditions of each project. By consolidating and analyzing the available information on productivity, this work provides a solid foundation for future research and developments, contributing to the strengthening of the construction industry in the country.

Keywords: labor productivity, construction sector, project planning

Glosario

Costo directo: gastos directamente atribuibles a la realización de una actividad específica en el proceso de construcción.

Costo indirecto: gastos no directamente atribuibles a una actividad específica, pero necesarios para la ejecución del proyecto.

Jornada laboral: tiempo diario durante el cual un trabajador está disponible para realizar sus tareas.

Esperas: son todas aquellas detenciones atribuibles a causas ajenas al personal, es decir, por razones no voluntarias

Tiempo Ocioso: son todas aquellas detenciones atribuibles netamente a la voluntad del personal

Ciclo de trabajo: un ciclo de trabajo comprende el inicio del primer elemento de la actividad y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación.

Estándares de calidad: normas que definen la calidad y especificaciones técnicas de los procesos y productos en la construcción.

Pañete: es el revestimiento de muros y techos con una o varias capas de mezcla de arena lavada fina y cemento, llamada mortero, y cuyo fin es el de emparejar la superficie que va a recibir un tipo de acabado tal como pinturas, forros etc.

Construcción industrializada: permite construir, mediante el uso de formaleta metálica modulada, una unidad de vivienda tipo, con el principio de rotación diaria de la formaleta que permite una velocidad de construcción con eficiente ocupación de personal.

Cuadrilla: persona o grupo de personas destinadas a la ejecución de una actividad, suelen estar conformadas por ayudantes y oficiales (o maestros).

Ayudante: también conocido como peón o auxiliar de obra, es un trabajador que realiza tareas de apoyo en proyectos de construcción bajo la supervisión de un maestro de obra.

Maestro de obra: profesional responsable de la supervisión y gestión de los trabajos en un sitio de construcción.

Actividad: conjunto de operaciones, desplazamientos y esperas que se ejecutan de manera continua y metodológica por una o varias cuadrillas para adelantar un proceso de producción.

Eficiencia: se define como la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada.

Eficacia: es la medida en que la aplicación del esfuerzo humano produce los resultados esperados en cantidad y calidad.

Cronometraje acumulativo: en este el reloj funciona sin interrupciones durante todo el ciclo de trabajo de la actividad colocándose en marcha desde el inicio del primer elemento del primer ciclo de trabajo y no se detiene hasta acabar el estudio

Cronometraje con vuelta a cero: este procedimiento se utiliza para elementos de larga duración pues se toman los tiempos directamente ya que al terminar el elemento se vuelve el cronómetro a cero.

Cronometraje de elementos extraños: aquellos elementos que no son propios de la actividad y no alteran el método de ejecución de la operación, pero que son necesarios, como descansos, idas a tomar agua o al baño, etc.

Introducción

En el ámbito de la construcción, la eficiencia en la planificación y ejecución de los proyectos es clave para garantizar la rentabilidad y competitividad de las empresas. Sin embargo, la industria de la construcción en Colombia enfrenta desafíos significativos debido a la falta de estudios detallados sobre los rendimientos de la mano de obra y la carencia de bases de datos accesibles y actualizadas que permitan a los constructores tomar decisiones informadas. Estos problemas se agravan en las regiones fuera de las principales ciudades del país, donde la falta de información precisa contribuye a un entorno de alta incertidumbre y baja eficiencia en los proyectos constructivos.

Esta monografía surge como respuesta a la necesidad de abordar estas deficiencias en la planificación y ejecución de proyectos en el sector de la construcción en Colombia. Su objetivo principal es analizar y comparar la información disponible sobre las metodologías de cálculo rendimientos de la mano de obra en diversas actividades constructivas. A través de este análisis, se pretende proporcionar a los constructores una herramienta útil y accesible para seleccionar la metodología más adecuada según las características de sus proyectos, que les permita tomar decisiones más informadas, reducir la probabilidad de errores en la planificación y mejorar la eficiencia de sus proyectos.

El estudio de los rendimientos de la mano de obra es un aspecto esencial en la construcción, ya que permite estimar con precisión los recursos necesarios para llevar a cabo una obra, optimizar el uso de estos recursos y minimizar los costos asociados. A lo largo de la historia, se han desarrollado diversas metodologías para calcular estos rendimientos, que van desde la experiencia propia de las empresas hasta la medición directa en obra, el uso de información documental y el estudio de tiempos.

Este trabajo se centra en la evaluación comparativa de las metodologías más utilizadas en Colombia para el cálculo de rendimientos de mano de obra en la construcción, identificando sus ventajas, desventajas y aplicabilidad en distintos contextos. Asimismo, se presenta un análisis de los resultados obtenidos en estudios anteriores, con el fin de establecer patrones y tendencias que puedan servir de base para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la productividad en la construcción.

La importancia de esta monografía radica en su capacidad para llenar un vacío de conocimiento en la industria de la construcción en Colombia. Al proporcionar una visión integral y comparativa de las diferentes metodologías de cálculo de rendimientos, este trabajo no solo contribuye al avance del conocimiento en el área, sino que también ofrece a los profesionales del sector una herramienta valiosa para mejorar la planificación y ejecución de sus proyectos. En última instancia, se espera que los resultados de esta investigación contribuyan a la construcción de un sector más robusto y competitivo, capaz de enfrentar los desafíos actuales y futuros de manera más eficiente y efectiva.

1. Planteamiento del problema

En Colombia, la construcción es uno de los principales motores de la economía, por lo cual este sector está en búsqueda de métodos que permitan planear y desarrollar proyectos eficientes, que no incurran en sobrecostos ni reprocesos y que disminuya su nivel de incertidumbre, a pesar de la importancia de esta industria es un sector que ha sido fuertemente criticado debido a su falta de rigor en las fases de planeación de los proyectos incurriendo constantemente en fallos que resultan en adiciones de costos y tiempo.

En este contexto es cada vez más común en la industria de la construcción escuchar conceptos relacionados con la productividad, ya que debido a la globalización es una necesidad para las empresas ser cada vez más productivas y competitivas para así garantizar su permanencia en el tiempo. Un informe realizado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe, de la Organización Internacional del Trabajo —OIT, en abril del 2006, argumenta que Latino América no ha mejorado la productividad laboral significativamente, a pesar del desarrollo económico mostrado en la década del noventa.

La productividad toma relevancia desde de la etapa de planeación, una de las mayores falencias en este campo de la ingeniería es que en las obras realizadas no se tiene estudios de rendimientos y muy pocos constructores dedican tiempo e inversión a lo relacionado con la toma de datos para el cálculo de rendimientos; lo que genera que no se cree un ambiente de estudio y por lo tanto no se encuentre gran cantidad de documentación al respecto.

Los constructores tienden a ser demasiado optimistas tomando rendimientos de otros estudios o de bases de datos comerciales sin preguntarse qué tan relevantes son esos rendimientos para la obra en cuestión, dado que hay una serie de factores que afectan los rendimientos y que son

específicos de cada obra, sumado a esto se tienen diferentes metodologías para llegar a estos rendimientos por lo cual podrían variar de un caso a otro.

Independientemente las grandes empresas privadas si cuentan con bases de datos propias y calculadas a partir de la toma de datos en campo en la mayoría de los casos, porque esto significa gran ventaja frente a otras que no cuentan con estos estudios, significando una mayor productividad. Así mismo se cuenta con la base de datos comercial de la revista construdata, la cual es una fuente confiable de información, pero se debe tener en cuenta que la revista solo brinda rendimientos para las 4 principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali) quedando una gran cantidad de lugares rezagados.

Con el estado de pocos estudios y el ánimo de obtener proyectos en calidad, se ven problemas como la manipulación de los rendimientos en la planeación, dando como resultado falsos rendimientos en la ejecución de los proyectos. Así mismo los estudios sobre rendimientos se han ido elaborando de manera aislada, la mayoría de ellos producto de trabajos de grado, que buscan obtener rendimientos de mano de obra, de obras específicas para ciertas actividades y utilizando alguna de las metodologías presentes, lo cual deja al constructor sin un panorama completo sobre los rendimientos de obra a nivel general, de allí nace la necesidad de trabajos como este que busquen analizar y comparar la información disponible, estableciendo cuales son las metodologías usadas en estos trabajos y de qué manera se relacionan sus diferentes resultados.

Lo que se espera es que los constructores a la hora de calcular sus rendimientos si no disponen de bases de datos propias puedan recurrir a este tipo de trabajos con la información ya analizada y a partir de allí saquen sus propias conclusiones sobre cual metodología usar en caso de que busquen realizarla ellos mismo o sobre cuales rendimientos tomar si es lo que buscan.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general:

Analizar los métodos más usados en Colombia para la evaluación de los rendimientos de mano de obra en proyectos de construcción, examinando sus ventajas, limitaciones y aplicabilidad en diferentes contextos y condiciones laborales.

2.2. Específicos:

Identificar métodos usados para el cálculo de rendimientos de obra través de la revisión bibliográfica en al menos 15 investigaciones realizadas en Colombia

Describir y detallar los métodos anteriormente identificados, resaltando las conclusiones a las cuáles se llegaron en cada una de las investigaciones para validar su aplicabilidad y resultados.

Comparar los métodos, resaltando sus ventajas y limitaciones para tener un contexto más amplio de los rendimientos en Colombia.

3. Justificación

La presente monografía surge de la necesidad de abordar las deficiencias en la planificación y ejecución de proyectos en el sector de la construcción en Colombia, un sector vital para la economía del país. A pesar de su importancia, la industria de la construcción enfrenta críticas significativas debido a su falta de rigor en la fase de planeación, lo que resulta en sobrecostos, reprocesos y una alta incertidumbre. Estos problemas son exacerbados por la escasez de estudios detallados sobre los rendimientos de la mano de obra y la falta de bases de datos accesibles para todos los constructores.

En Colombia, esta situación es especialmente crítica en el sector de la construcción, donde la falta de datos precisos sobre rendimientos y metodologías adecuadas para su cálculo genera un ambiente de incertidumbre y baja eficiencia.

La falta de estudios de rendimientos específicos y la tendencia de los constructores a utilizar datos genéricos o desactualizados han llevado a un uso ineficiente de los recursos en la industria. Esto no solo impacta la viabilidad económica de los proyectos, sino que también afecta la capacidad de las empresas para competir eficazmente en el mercado. La ausencia de bases de datos exhaustivas y accesibles limita a muchos constructores, especialmente a aquellos fuera de las principales ciudades, a obtener información precisa y relevante para sus proyectos.

La justificación de esta monografía radica en su potencial para llenar este vacío de conocimiento. Al analizar la información disponible sobre rendimientos en la construcción, y evaluar las diferentes metodologías empleadas en estudios previos, este trabajo busca proporcionar a los constructores una herramienta útil y accesible. La síntesis y análisis de datos permitirán a los profesionales del sector tomar decisiones más informadas y precisas, reduciendo así la probabilidad de errores en la planificación y ejecución de proyectos.

Además, esta monografía tiene el potencial de contribuir significativamente al campo de estudio al ofrecer una perspectiva integral sobre los rendimientos de obra. Al establecer una comparación y análisis de las diferentes metodologías utilizadas, se espera que los constructores puedan seleccionar las más adecuadas para sus necesidades específicas o adaptar las mejores prácticas a sus proyectos particulares.

En resumen, esta investigación no solo aborda una necesidad crítica en la industria de la construcción en Colombia, sino que también proporciona una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la productividad en la construcción. Al mejorar la

disponibilidad y calidad de los datos sobre rendimientos, esta monografía contribuirá a una planificación más eficiente, reducción de costos y tiempos, y, en última instancia, a un sector de la construcción más robusto y competitivo.

4. Marco teórico

El rendimiento visto desde una perspectiva general se define como “proporción entre producto o resultado obtenido y los medios utilizados”, según la RAE. En el ámbito de la construcción se puede hablar de tres tipos de rendimiento tal cómo lo expone Polanco (2009):

4.1. Rendimientos para materiales

Es la relación entre cantidad de material y la unidad de medida de la actividad, esto se da porque las actividades de construcción tienen desperdicios naturales que se puede dar durante su acopio, su transporte o el ejercicio mismo de la actividad, como por ejemplo el concreto que queda pegado dentro de la mezcladora o los cortes de los ladrillos para dar forma a un muro.

4.2. Rendimientos de equipo y herramienta

Este rendimiento se define como el tiempo de uso de la maquinaria, equipo o herramienta en la elaboración de una actividad, depende de la cantidad de trabajo que pueda realizarse con el equipo o herramienta y el tiempo que lleve hacerlo. Aquí también pueden influir las características técnicas del equipo, la habilidad del operario o el estado mismo del equipo.

4.3. Rendimiento de mano de obra

Estos dependen directamente de los factores que afectan las condiciones del trabajador, como son el estado de ánimo, situación personal, habilidades, conocimiento, condiciones físicas

y ritmo de trabajo. Este rendimiento se calcula como el tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollo de una actividad específica.

El principal interés de este trabajo es el rendimiento de mano de obra ya que es de los más complejos a estudiar por lo cual a continuación se tratarán esos factores que afectan el rendimiento de mano de obra, tal como lo dijo Becerra (2022) esos son:

4.3.1. Economía general

Este factor se refiere al estado de la economía del país o un área específica de desarrollo del proyecto. Los aspectos a considerar en esta categoría son:

- Tendencias y resultados de los negocios en general.
- Volumen de la construcción.
- Situación del empleo.

4.3.2. Aspectos laborales

Existe una relación importante entre la productividad de la fuerza laboral y las condiciones de trabajo en las que opera el proyecto. La disponibilidad de profesionales y personal capacitado en el área donde se realiza el trabajo o la necesidad de que el traslado personal de otros lugares con condiciones de pago que a veces difieren de las del pago en el área son aspectos muy importantes a considerar. Los aspectos a considerar en esta categoría son:

- Tipo de contrato.
- Sindicalismo.
- Incentivos.
- Salario.

- Ambiente de trabajo.
- Seguridad social.
- Seguridad industrial.

4.3.3. Clima

El estado del tiempo meteorológico de la zona en la cual se construye el proyecto se debe tener en cuenta, factores a considerar son:

- Estado del tiempo.
- Temperatura.
- Condiciones del suelo.
- Cubierta.

4.3.4. Actividad

Las condiciones específicas de la actividad a realizar, Relación con otras actividades, tiempo de ejecución, la implementación y el entorno general. son aspectos que pueden afectar los rendimientos. El factor principal en este los tipos son los siguientes:

- Grado de dificultad.
- Discontinuidad.
- Orden y aseo.
- Actividades predecesoras.
- Tipicidad.

4.3.5. Equipamiento

Tener el equipo adecuado para hacerlo varias operaciones, su estado general y el mantenimiento y las reparaciones oportunas tienen un impacto en la productividad de los empleados. Los principales factores dentro de esta categoría son los siguientes.

- Equipo.
- Mantenimiento.
- Suministro.
- Elementos de protección.

4.3.6. Supervisión

La calidad y experiencia del personal empleado, el monitoreo de la actividad del sitio tiene un efecto significativo en la productividad esperada. a. Los factores que deben tenerse en cuenta en esta categoría son los siguiente:

- Criterios de aceptación.
- Instrucción.
- Seguimiento.
- Supervisor.
- Gestión de calidad.

4.3.7. Trabajador

Los aspectos personales del operario deben considerarse, ya que afectan su desempeño. Los factores que se incluyen en esta categoría, son:

- Situación personal.

- Ritmo de trabajo.
- Habilidad.
- Conocimiento.
- Desempeño.
- Actitud hacia el trabajo.

A su vez los factores anteriormente descritos tienen un rango en el cual afectan el rendimiento, según Page (2002) un rendimiento normal se ubica entre el 60% y el 80%, por lo que podría tomarse 70% como el valor base, tal como lo muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Eficiencia en la productividad*

Eficiencia en la productividad	Rango
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Nota. Tomado de Becerra. (2022). “Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación de futuras obras de edificaciones”.

Es importante recordar que una eficiencia del 100% es una condición ideal que nunca se va a dar cuando hablamos de mano de obra humana, teniendo esto en mente, Mejía y Hernández (2007) nos presentan la siguiente tabla (ver Tabla 2) que muestra cómo afecta cada factor a un rendimiento promedio.

Tabla 2. Factores de afección al rendimiento

Grupo	Rango(%)
Economía - Entorno	50 a 70
Clima	40 a 75
Obra - Organización	40 a 80
Equipo - Dotación	55 a 75
Supervisión - Control	50 a 75
Laborales - Condiciones	40 a 80
Trabajador - Habilidades	60 a 75

Nota. Rescatado de Mejía y Hernández. (2007). “Seguimiento de la Productividad en Obra: Técnicas de Medición de Rendimientos de Mano de Obra”.

4.4. Concepto del trabajo

El trabajo son todas las acciones realizadas por los participantes del sistema para convertir los recursos en productos parciales o finales, o en términos generales, para la producción de valor. En el caso de la industria de la construcción transformar los recursos (materiales y mano de obra) en obra construida. A su vez se diferencian tres tipos de contenido (Manual de Herramientas del S.P.G., 1994):

- *Trabajo productivo:* corresponde a aquellas labores que aportan en forma directa el avance de la obra, como, por ejemplo, la colocación de moldajes, fierros, hormigón, ladrillos, etc.
- *Trabajo contributivo:* corresponde a aquellas labores que sirven para poder realizar las labores productivas, como, por ejemplo, el transporte de materiales, realizar mediciones, leer planos, limpiar el área de trabajo, etc.
- *Trabajo no contributivo:* corresponde a aquellas labores que no aportan nada a la faena, como, por ejemplo, fumar sin hacer nada, esperando la llegada de algún material, caminar por la obra, etc.

La productividad entonces, tal como lo dijo Serpell (1993) se puede ver como la relación que tiene el trabajo productivo con el trabajo contributivo y no contributivo (el cual a su vez podría considerarse como pérdidas).

Para dimensionar de una mejor manera la distribución de los anteriores tipos de trabajo Arboleda (2014) en su trabajo de tesis nos afirma que según un seguimiento realizado en varias obras colombianas se lograron establecer los siguientes valores: Trabajo productivo (TP) constituye un 50 % del tiempo total, el trabajo contributivo (TC) constituye un 24% del tiempo total y por último el trabajo no contributivo (TNC) constituye un 26% del tiempo total, del seguimiento efectuado se concluyó que los sistemas tradicionales de control de avance, costos y mano de obra, utilizados básicamente en la construcción, no son muy exactos ni ágiles para detectar problemas de productividad.

4.5. Concepto de pérdida

La cual puede definirse como “Aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra”. Estas pérdidas se miden en función de sus costos, incluyendo el de oportunidad. (Alarcón, 1994). Algunos ejemplos de pérdidas en actividades de la construcción son esperas por falta de equipos, espera por falta de instrucciones, sobrepoblación, actividades previas sin terminar o mal ejecutadas, tiempo ocioso por actitud del trabajador, conversando; transporte por mala distribución o localización de recursos, falta de equipos, reprocesos por trabajos mal ejecutados, o dañados por una cuadrilla diferente, entre otras. De lo anterior se puede observar que existen dos tipos diferentes de pérdidas, las pérdidas de tiempo productivo, y las pérdidas de materiales, a su vez cuando hablamos de pérdidas de tiempo productivo, Borchering (1986) propone una clasificación con sólo cinco categorías globales de tiempo improductivo para construcciones grandes y complejas, las cuales constituyen para los

académicos nacionales que se dedican al estudio de la productividad en la construcción, hasta el momento, una de las mejores aproximaciones tentativas de las pérdidas de productividad que normalmente se producen en la ejecución de un proyecto. Estas son:

- Pérdidas por esperas.
- Pérdidas por traslado.
- Pérdidas por trabajo lento.
- Pérdidas por trabajo inefectivo.
- Pérdidas por rehacer trabajo.

Por otra parte, cuando hablamos de pérdidas de materiales nos referimos a todo aquel material que no llegó a ser transformado en producto parcial o final, los cuales se puede clasificar en dos subcategorías (Skoyles, 1979):

- Pérdidas directas: Pérdidas completas de materiales.
- Pérdidas indirectas: Estas se pueden clasificar en tres subcategorías:
 - Sustitución: Cuando los materiales son utilizados para propósitos distintos de aquellos por los que fueron adquiridos.
 - Uso en producción: Uso excesivo de materiales para realizar ciertas actividades, en otras palabras, corresponde a derroches de material.
 - Negligencia: Cuando se requieren materiales extras debido a desviaciones en el cumplimiento del diseño por errores del contratista.

4.6. Construdata

Construdata es una unidad funcional de LEGIS S.A. con más de 20 años de experiencia en información para la construcción (Construdata, 2010). Su revista construdata a cargo del

arquitecto Juan Guillermo consuegra, se especializa en costos de construcción y es publicada trimestralmente; desde 1980 es referencia obligada para el gremio constructor, y en general, para toda la comunidad económica del país (Revista Construdata, 2010).

Así mismo según Mahecha (2010) el contenido de la revista se divide en tres partes que son las siguientes:

- La primera, corresponde a un informe especial distinto que contiene temas de interés para el gremio de la construcción; en la publicación inicial del año, este informe es dedicado siempre a la mano de obra basado en encuestas realizadas en las principales ciudades del país. De la misma manera, en este informe se define el salario vigente y se da un panorama general sobre el estado de la construcción.
- La segunda parte de la revista, es una base de datos sobre presupuestos completos para diferentes tipos de construcciones la cual es actualizada trimestralmente y permite investigar la evolución de los costos en conjunto, se encuentra por ejemplo el costo por metro cuadrado de una vivienda unifamiliar de tipo medio medio en distintas ciudades o también el costo por metro cuadrado de una bodega convencional.
- La tercera parte contiene un directorio de diferentes proveedores en las principales ciudades. Cabe aclarar que la revista presenta datos para las ciudades principales del país (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla).
- la última parte, clasificada a su vez en distintos capítulos según la tabla de contenido de la revista, es una base de datos que reúne los análisis de precios unitarios (APU) detallados y generales de diferentes actividades de la construcción, Los costos asociados de estos APU son actualizados trimestralmente.

5. Marco legal

5.1. Código sustantivo del trabajo

5.1.1. Artículo 1

Artículo 1 del mismo “La finalidad primordial de este Código es la de lograr la justicia en las relaciones que surgen entre empleadores y trabajadores, dentro de un espíritu de coordinación económica y equilibrio social”.

5.1.2. Artículo 5

Definición de trabajo “El trabajo que regula este Código es toda actividad humana libre, ya sea material o intelectual, permanente o transitoria, que una persona natural ejecuta conscientemente al servicio de otra, y cualquiera que sea su finalidad, siempre que se efectúe en ejecución de un contrato de trabajo”.

5.1.3. Artículo 22

Contrato individual de trabajo “Contrato de trabajo es aquel por el cual una persona natural se obliga a prestar un servicio personal a otra persona, natural o jurídica, bajo la continuada dependencia o subordinación de la segunda y mediante remuneración”.

5.1.4. Artículo 309

Trabajadores de la construcción “se entiende por obras o actividades de construcción las que tiene por objeto construir cualquier clase de casas o edificios y las inherentes a esa

construcción, excepto su conservación o reparación; y por valor de la obra o actividad, el valor de su presupuesto o de su costo total estimado pericialmente”.

5.1.5. Artículo 312

Empresas constructoras “Los trabajadores de empresas constructoras gozan de los derechos consagrados en el presente capítulo, sea cual fuere el valor de la obra o actividad”.

También es de relevancia citar algunas normas específicas del sector de la construcción tales como:

5.2. Ley 400 de 1997

El artículo 1 nos dice que “La presente Ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas”. Cabe aclarar que la norma sismo resistente ha sido modificada a través de los años.

5.3. Resolución 2410 de 1979

Disposiciones reglamentadas sobre vivienda, higiene y seguridad que buscan preservar y mantener la salud física y mental, así como prevenir accidentes y enfermedades.

Normas de orientadas a cuidar la seguridad y salud en el trabajo:

5.4. Resolución 0312 de 2019

“Tiene por objeto establecer los estándares mínimos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST para personas naturales y jurídicas”.

5.5. Decreto 472 de 2015

“Por el cual se reglamentan los criterios de graduación de las multas por infracción a las Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y Riesgos Laborales, se señalan normas para la aplicación de la orden de clausura del lugar de trabajo o cierre definitivo de la empresa y paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas y se dictan otras disposiciones”.

5.6. Ley 1562 de 2012

“Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional”.

5.7. Resolución 1409 de 2012

“Por la cual se establece el reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas”.

6. Identificación de los diferentes métodos

A través de la revisión de la bibliografía disponible sobre el cálculo de rendimientos de obra se han logrado identificar cuatro diferentes metodologías las cuales son:

6.1. La experiencia

Experiencia propia de la empresa desarrollando proyectos de construcción que le permita predecir rendimientos y calcular tiempos.

6.2. Información documental

Valerse de la información ya recolectada por ejemplo en artículos de investigación o trabajos de grado que hayan realizado estudios de rendimientos en obras similares a la cual se esté ejecutando.

6.3. Estudio del trabajo

Tal como lo definen Mejía y Hernández (2007)

“El estudio del trabajo es una metodología que toma, analiza y procesa información para hacer seguimiento y medición de la productividad. El estudio del trabajo se enfoca en analizar tareas y procesos, a partir de dos técnicas: a) análisis de métodos y b) medición de tiempos. Estas técnicas se pueden emplear en las obras de construcción, haciendo las debidas adaptaciones.”

Las anteriores son teorías provenientes principalmente de la ingeniería industrial y la que mejor se adapta al sector de la construcción es el estudio de tiempos, técnica que permite el establecimiento de estándares de tiempo en el desarrollo de una labor pues considera los suplementos u holguras por fatiga y por retrasos personales e inevitables asociados a la ejecución de una labor, de hecho, “La conducta real de un estudio de tiempos es tanto un arte como una ciencia” (Niegel, 2009, p. 333). Así mismo Mahecha (2010) en su estudio “análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra en la construcción de un edificio” redacta una serie de requerimientos para que el estudio de tiempos pueda desarrollarse de buena manera (estos

requerimientos también resultan muy pertinentes para el método de medición directa en obras similares):

- El método de ejecución de la operación debe estar estandarizado.
- Se debe investigar la cantidad de material disponible para que no se presenten faltantes durante el estudio.
- Los analistas deben avisar al operario y al encargado de del sindicato, los anteriores deben estar de acuerdo con el estudio para obtener una buena calidad de datos, así mismo es importante que el comportamiento del operario sea representativo de un día normal de trabajo, también se debe asegurar que el método elegido para la labor es el idóneo.
- Los analistas deben ubicarse en un lugar que les permita la precisión en la toma de tiempos, pero que de ninguna manera distraigan o modifiquen el comportamiento del operario.
- Los resultados de un estudio deben darse para el mismo operario o la misma cuadrilla.
- El supervisor debe asegurarse de que la selección de alimentadores, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, sean los idóneos, etc.
- Una vez terminado el estudio de tiempos, el supervisor debe firmar el documento original indicando que está de acuerdo con el estudio.
- Debe realizarse un adecuado número de observaciones, estas se pueden determinar con base en un nivel de confianza y error establecidos previamente, así, de acuerdo al número de observaciones realizadas se debe determinar el grado de confianza requerido para la muestra y el rango de error correspondiente. Para esto existen diferentes métodos por lo cual debe ser previamente acordado.
- La selección del trabajador a estudiar debe realizarse con la ayuda del supervisor o representante de los trabajadores. Es esencial escoger un operario competente y constante,

ya que un trabajador con desempeño promedio o ligeramente superior proporciona un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o con habilidades superiores.

Una vez se cumplen los requerimientos mínimos anteriormente enunciados se procede con el registro de la información significativa tal como lo dice Mahecha (2010) Cuanta más información se registre, más útil será el estudio a lo largo del tiempo. Se convertirá en un recurso para establecer datos estándar, desarrollar fórmulas, mejorar métodos y evaluar operarios, herramientas y desempeño de máquinas. Deben registrarse datos como máquinas, herramientas manuales usadas, condiciones laborales, materiales, nombre y número del operario, departamento, fecha del estudio, nombre del observador y todo lo pertinente.

Por último y para una buena medición es fundamental que la actividad que se pretende analizar este correctamente dividida en elementos y se pueda identificar fácilmente sus ciclos de trabajo, un ciclo de trabajo comprende el inicio del primer elemento de la actividad y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación. Lo anterior resulta fundamental para poder separar el trabajo productivo del improductivo, para identificar los cambios de ritmo del trabajador, reconocer los elementos que causan fatiga especial, así como extraer los tiempos de los elementos que se repiten constantemente.

6.3.1. Procedimiento

El primer paso a seguir es el cálculo del tiempo normal (TN) el cual está dado por la siguiente formula:

$$TN = TO \times \frac{C}{100}$$

Donde TO es el tiempo observado ya sea con cronometraje continuo o cronometraje de vuelta a cero, y C es la calificación que le otorga el observador al operario o trabajador y representa

el desempeño normal del trabajador, aunque existen varios sistemas de calificación se toma como referencia por su sencillez y rapidez el descrito por Niebel, 2009, (p 355). Mahecha (2010) nos regala en una tabla un ejemplo de aplicación de lo anterior donde se puede observar de manera clara cómo funciona la medición en tres ciclos de una actividad con cuatro elementos (ver Figura 1).

Figura 1. *Ejemplo de formato para elementos y actividades*

Operación: Maquinado													Resumen Actividad Maquinado
Núm. y descripción del elemento	1. Alimentar la barra hasta el tope			2. Colocar la herramienta de corte en la barra			3. Girar 1/2" a 550 rpm			4. Retirar la herramienta y dejar la barra			
Ciclo	C	TO	TN _{elem1}	C	TO	TN _{elem2}	C	TO	TN _{elem3}	C	TO	TN _{elem4}	TN _{TA} (s)
1	85	190	162	105	120	126	100	600	600	90	170	153	1041
2	90	220	198	105	130	137	100	600	600	100	160	160	1095
3	100	170	170	105	110	116	100	600	600	105	170	179	1064
4													

Nota. Tomado de Mahecha. (2010). “Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra en la construcción de un edificio”.

Una vez calculado el TN se procede a calcular las holguras las cuales pueden ser tomadas de la Tabla 3.

Tabla 3. *Holguras recomendadas por el ILO*

ILO	Puntuación
A. Holguras constantes	
1. Holguras personales	5
2. Holguras por fatiga básica	4
B. Holguras variables	
1. Holguras por estar parado	2
2. Holgura por posición anormal	0

ILO	Puntuación
a. Un poco incomoda	0
b. Incomodo (flexionado)	2
c. Muy incómodo (acostado, estirado)	7
3. Usa de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar) peso levantado	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
4. Mala iluminación	
a. Un poco por debajo de lo recomendado	0
b. Bastante debajo de lo recomendado	2
c. Muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)	
atención cercana:	
a. Trabajo bastante fino	0
b. Trabajo fino o exacto	2
c. Trabajo muy fino o muy exacto	5
6. nivel de ruido	
a. Continuo	0
b. Intermitente fuerte	2
c. Intermitente muy fuerte	5
d. De tono alto fuerte	5
7. esfuerzo mental	
a. Proceso bastante complejo	1
b. espacio de atención compleja o amplia	4
c. Muy complejo	8
8. Monotonía	
a. Baja	0
b. Media	1
c. Alta	4
9. Tedio	
a. Alto tedioso	0
b. Tedioso	2
c. Muy tedioso	4

Nota. Tomado de Mahecha. (2010). “Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra en la construcción de un edificio”.

La puntuación de cada holgura se interpreta como porcentaje para finalmente calcular el tiempo estándar dado por la fórmula:

$$TE = TN(1 + S)$$

Donde claramente la S son los suplementos u holguras.

6.4. Medición directa en obras similares

Esta es una de las metodologías más usadas ya que es relativamente sencilla de ejecutar, este método consiste simplemente en medir directamente los tiempos de las actividades de una obra específica, teniendo en cuenta todo su contexto y llevando un control riguroso de todas las pérdidas de tiempo que puedan presentarse o condiciones atípicas que puedan afectar el estudio. Esta metodología tiene por lo general un análisis estadístico de los datos recolectados estableciendo si la muestra es representativa, eliminando datos extremos y entregando estadísticas muy interesantes.

El procedimiento descrito de manera general según Gonzales y Moreno (2016) es el siguiente:

- Selección de las actividades a estudiar. Como ya se ha mencionado antes deben ser actividades estandarizadas con un ciclo de trabajo bien definido que facilite al operario la toma de datos sin interrumpir al trabajador.
- Determinación de un modelo y formato de recolección de rendimientos para las actividades de seguimiento, estos formatos pueden variar de un estudio a otro, lo primordial es que sean fáciles de entender y reúnan toda la información necesaria.

A continuación, algunos ejemplos:

Figura 2. Formato de toma de Datos ejemplo 1

formato de toma de rendimiento de mano de obra en el proyecto hacienda peñalisa										
ítem	actividad					ubicación				
fecha	cuadrilla		hora			rendimiento		condiciones		rendimiento cuadrilla
día/mes/año	ayudante	oficial	inicio	fin	total horas trabajadas	unidad	cantidad	clima	PISO N°	cantidad/hora

Nota. Tomado de Gonzales y Moreno. (2016). “Relación de rendimiento de mano de obra entre la hacienda Peñalisa y proyectos de grado de la universidad piloto de Colombia”.

Figura 3. Formato de toma de datos ejemplo 2

MEDICIONES													
Tarea	Fecha	Personal			Hora		Duración Medida (Minutos)			Avance %	Duración Proy		Rendimiento
		Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta		Min.	Hora	Hr/m3

Nota. Tomado de Polanco. (2009). “Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción - estudio de caso edificio J UPB- “.

Figura 4. Formato de toma de dato ejemplo 3

Localización obra:				Fecha:				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo de cuadrilla	Grado de experiencia	Actividad desarrollada	Hora inicio observación	Hora finalización observación	Duración observación (horas)	Cantidad ejecutada	Unidad de medida	Rendimiento obtenido

Nota. Tomado de Ramírez y Portillo. (2015). “Rendimiento de mano de obra en concreto para los municipios de espinal y purificación Tolima”.

- Recolección de datos de rendimiento, es decir se realizan las mediciones.
- Análisis estadístico de los datos para esto se toman las fórmulas de estadística básica, como la media, la varianza y la desviación con el fin de corroborar la veracidad de los datos y de

igual forma obtener ítems de rendimiento de mano de obra que conciernen la presente investigación. También es de suma importancia determinar el tamaño de la muestra, el margen de error y el nivel de confianza.

7. Casos de estudio en la bibliografía disponible

A continuación, se dará un recuento de los estudios de rendimientos encontrados en el país y la metodología aplicada en cada uno de ellos:

En primer lugar, tenemos el estudio realizado por Lina Marithza Polanco Sanchez para optar al título de ingeniera civil en la Universidad Pontificia Bolivariana el cual lleva por nombre “Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción – estudio de caso, edificio J, UPB_”. El Edificio J está localizado en del campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, La cual se encuentra ubicada en El municipio de Floridablanca Santander, Km 7 vía Piedecuesta. El método utilizado fue el de medición directa en la obra para las actividades de zapatas, columnas, vigas, muros de contención, mampostería con ladrillo H-10 y mampostería con ladrillo H-29, en la Tabla 4 se presentan los promedios de los rendimientos obtenidos en un comparativo con los proporcionados por construdata para esas mismas actividades.

Tabla 4. *Rendimientos obtenidos en el estudio de Polanco*

Elemento	Un	Suma	Construdata
Zapata	m3	3,44	8,27
Columna	m3	8,95	10,29
Vigas	m3	9,72	6,89
Muros de contención	m3	8,03	10,68
Mamposteria h-10	m2	0,33	0,72
Mamposteria h-29	m2	0,55	1,06

Nota. Tomado de Polanco. (2009). “Análisis de rendimiento de mano de obra para actividades de construcción - estudio de caso edificio J UPB- “.

El segundo trabajo fue presentado por Breydi Santiago Becerra Alvarado con el título de “Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación de futuras obras de edificaciones” trabajo presentado para la universidad escuela colombiana de ingeniería julio garavito, en el año 2022. En este estudio se utilizó la metodología de medición directa en dos obras diferentes.

La primera de ellas el proyecto del Edificio Comercial Toberín ubicado en la localidad de USAQUEN, es una obra dirigida por el constructor Carrillo Rodríguez William Hernando la cual es una edificación de cinco pisos y tres sótanos. Estas fueron las actividades seleccionadas para el análisis en este proyecto con sus correspondientes rendimientos:

- *Placa flotante:* 7.08 h-H/m²
- *Viga andén:* 3.99 h-H/m²
- *Pilotes pre-excavados y fundidos en sitio:* 0.154 h-H/ml
- *Columnas y pantallas fundidas en sitio:* 20.305 h-H/m³
- *Placa aligerada:* 3.31 h-H/m²

El segundo proyecto de vivienda Stell 22 ubicado en la localidad de Fontibón, es una obra dirigida por la empresa Inversiones Paralelo, Steel 22 cuenta con dos Torres de estrato 4 de venta y construcción con 19 pisos de apartamentos para un total de 242 apartamentos y zona comercial. Estas fueron las actividades seleccionadas para el análisis en este proyecto con sus correspondientes rendimientos:

- *Dados de cimentación:* 23.53 h-H/m³
- *Excavación a mano:* 2.89 h-H/m³

- *Armaz y fundir vigas:* 23.13 h-H/m³

Por último, pero también muy relevante nos muestran un cuadro comparativo de los rendimientos encontrados versus los rendimientos de construdata y los rendimientos de la empresa constructora a cargo de los proyectos.

Figura 5. Rendimientos obtenidos en el estudio de Becerra

Actividad	unidad	Rendimiento obtenido	Rendimiento Construdata	variación porcentual	Rendimiento obtenido	Rendimiento Wicar sas	vvariación porcentual
Excavar y fundir Pilotes pre excavados , fundidos en sitio de D = 50 cm	m ^l	0.146 h-H/mL	0.26 h-H/mL	44%	0.146 h-H/mL	0.13 h-H/mL	12%
Armaz y fundir Placa Flotante	m ²	7.08 h-H/m ²	8.00 h-H/m ²	12%	7.08 h-H/m ²	7.00 h-H/m ²	1%
Armaz y fundir placa aligerada e =0.55	m ²	3.32 h-H/m ²	4.5 h-H/m ²	26%	3.32 h-H/m ²	6.35 h-H/m ²	48%
Armaz y fundir viga cinturón o placa anden	m ²	3.99 h-H/m ²	4.5 h-H/m ²	11%	3.99 h-H/m ²	6.35 h-H/m ²	37%
Armaz y fundir Columnas y pantallas de concreto	m ³	20.31 h-H/m ³	32.00 h-H/m ³	27%	20.31 h-H/m ³	40.00 h-H/m ³	49%
Excavación manual	m ³	2.89 h-H/m ³	3.67 h-H/m ³	21%	2.89 h-H/m ³	2.70 h-H/m ³	7%
Armaz y fundir Dados de cimentación	m ³	23.57 h-H/m ³	30.05 h-H/m ³	22%	23.57 h-H/m ³	27.00 h-H/m ³	13%
Armaz y fundir vigas de cimentación	m ³	23.57 h-H/m ³	30.05 h-H/m ³	22%	23.57 h-H/m ³	27.00 h-H/m ³	13%

Nota. Rescatado de Becerra. (2022). “Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación de futuras obras de edificaciones”.

En el tercer lugar tenemos el trabajo realizado por Luis Fernando Botero Botero para la revista de la universidad EAFIT en Medellín, titulado “Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción”. Aquí se aplicó el método de medición directa en las obras Flores y Colores, y Rosa de los vientos, ambos proyectos de vivienda de interés social construidos por la empresa Compacto S.A.S. ubicados en el corregimiento de San Antonio de Prado y municipio de Copacabana respectivamente. Se realizó la toma de datos durante seis meses y como resultado se obtienen rendimientos de mano de obra relacionados con sus factores de

afección, así como la relación con el precio de la mano de obra, los rendimientos y las actividades analizadas fueron los siguientes (ver Figura 6).

Figura 6. Rendimientos obtenidos en el estudio de Botero

ACTIVIDAD	UD	OBRERO	RANGO CONSUMO (hH. /ud)					
			CONSUMO INDIVIDUAL			CONSUMO CUADRILLA		
			Alto	Promedio	Bajo	Alto	Promedio	Bajo
Excavación material homogéneo	m3	Oficial						
		Ayudante	2.969	2.9327	2.896			
Excavación material heterogéneo	m3	Oficial						
		Ayudante	3.359	3.15056	2.941			
Vaciado vigas de fundación	m3	Oficial	0.3298	0.3217	0.3136			
		Ayudante						
Sobrecimiento bloque concreto	ml	Oficial	0.052	0.051	0.0497	0.1058	0.10337	0.1006
		Ayudante	0.0538	0.05237	0.0509			
Impermeabilización sobrecimiento	ml	Oficial						
		Ayudante	0.0273	0.02569	0.024			
Impermeabilización muro contención	m2	Oficial						
		Ayudante	0.0771	0.07288	0.0686			
Armado de filtro	ml	Oficial	0.1231	0.1178	0.1126	0.2453	0.234849	0.2244
		Ayudante	0.1222	0.117049	0.1118			
Mampostería en bloque concreto	m2	Oficial	0.213809	0.209841	0.205872	0.412039	0.403554	0.395062
		Ayudante	0.19823	0.193713	0.18919			
Mampostería en ladrillo cerámico	m2	Oficial	0.274303	0.263526	0.25275	0.431748	0.416142	0.400537
		Ayudante	0.157445	0.152616	0.147787			
Mampostería en bloque split	m2	Oficial	0.393629	0.359184	0.32474	0.726972	0.675498	0.624026
		Ayudante	0.333343	0.316314	0.299286			
Vaciado de grouting piso 1	ml	Oficial	0.0228	0.0217	0.0206			
		Ayudante						
Armado de losa formaleta metálica	m2	Oficial	0.2438	0.2315	0.219	0.659633	0.617597	0.57536
		Ayudante	0.415833	0.386097	0.35636			
Vaciado de losa formaleta metálica	m2	Oficial	0.07657	0.0717544	0.0669	0.15383	0.1447644	0.13557
		Ayudante	0.07726	0.07301	0.06867			
Enchape en cerámica	m2	Oficial	0.617659	0.591628	0.565597	0.965238	0.917482	0.869726
		Ayudante	0.347579	0.325854	0.304129			
Baldosa de cemento biselada	m2	Oficial	0.286307	0.280238	0.27417	0.503965	0.490238	0.476512
		Ayudante	0.217658	0.21	0.202342			
Cal en muros y cielos	m2	Oficial	0.0736501	0.0670641	0.0604781			
		Ayudante						
Cubierta en teja barro (armazón)	m2	Oficial	0.0504	0.0494	0.0483	0.06201	0.0605	0.05888
		Ayudante	0.01161	0.0111	0.01058			
Cubierta teja de barro (tablilla)	m2	Oficial	0.0567	0.0557	0.054718	0.08427	0.0827	0.081127
		Ayudante	0.02757	0.027	0.026409			
Cubierta teja de barro (fieltro)	m2	Oficial	0.004869	0.0047	0.004516	0.008425	0.0082	0.007864
		Ayudante	0.003556	0.0035	0.003348			
Cubierta en teja de barro (teja)	m2	Oficial	0.048846	0.0473941	0.045942	0.062399	0.0604941	0.058588
		Ayudante	0.013553	0.0131	0.012646			

Nota. Tomado de Botero. (2002). “Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción”.

El cuarto trabajo se titula “Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra”, fue realizado por Adriana Gómez y Diana morales en el año 2016. Este trabajo se centra en estudiar la relación de los rendimientos de mano de obra con los factores que afectan los mismos, para esto se realizó la medición directa en obra para los elementos de armado de acero, instalación de formaleta y vaciado de concreto en la elaboración de columnas, placa y vigas. Así mismo hay algunos factores que no se identifican tan fácil a simple vista por los que también se llevaron a cabo múltiples entrevistas a los trabajadores. Algo para destacar del estudio es que se realizó una simulación con el software *Arena* incluyendo los factores y variables de acuerdo con las condiciones encontradas.

En quinto lugar, tenemos el trabajo realizado por Guillermo Mejía y Triny Hernández en 2007 que lleva por título “Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra”. Este trabajo de investigación se centró en identificar, definir y aplicar una metodología de seguimiento y medición de la productividad de la mano de obra para mejorar su desempeño, basado específicamente en técnicas de estudio de tiempos. La obra estudiada corresponde a un proyecto de urbanización localizado en el municipio de Piedecuesta (Santander), conformado por 146 viviendas y 5 locales comerciales. Las actividades elegidas para ser estudiadas fueron mampostería en bloque E-11, piso en cerámica marfil, friso y estuco. Como producto final del estudio nos muestran la

Figura 7.

Figura 7. Rendimientos obtenidos en el estudio de Mejía y Hernández

Proceso -Ítem (Resultado del estudio)	Rdto Tipo	Prod. Tipo	Prod. Tipo
	h-H/m ²	m ² /h-H	m ² /dia-H
Mampostería bloque E-11	0,598	1,67	13,37
Piso cerámica marfil lighth 40 x 40	1,075	0,93	7,44
Friso	0,463	2,16	17,27
Estuco	0,118	8,49	67,95

Nota. Tomado de Mejía y Hernández. (2007). “Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra”.

Luego como sexto tenemos el “Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación”, trabajo realizado por Sergio Arboleda en 2014 para Universidad Nacional de Colombia, en este trabajo se utilizó la medición directa en obra en total se indagaron 20 proyectos de 4 empresas constructoras importantes de la Ciudad de Medellín, los cuales se encuentran ubicadas en la zona sur oriental de dicho Municipio, las mediciones se realizaron durante 8 meses aproximadamente y con un estimado de 384 mediciones en cada proyecto. El trabajo también refleja un exhaustivo análisis de los factores que afectan los rendimientos, así como la distribución del tiempo no contributivo. En la **Figura 8** se aprecia las actividades estudiadas con los respectivos rendimientos encontrados.

Figura 8. Rendimientos obtenidos en el estudio de Sergio Arboleda

ACTIVIDAD ESTUDIADA	UNIDAD DE MEDIDA	PRODUCTIVIDAD	RENDIMIENTO TEÓRICO. m ² /día	RENDIMIENTO REAL. m ² /día
Mampostería a la vista, en ladrillo catalán	m ²	46%	18.10	8.20
Instalación de cielo falso continuo	m ²	52%	25.98	13.42
Instalación de piso laminado en madera	m ²	52%	15.34	7.74
Enchape cerámico sobre mampostería	m ²	54%	19.21	10.65
Instalación de piso en baldosa tipo terrazo	m ²	48%	16.59	7.65
Aplicación de pintura en interiores	m ²	54%	26.00	14.17
Instalación de piso tipo porcelanato	m ²	46%	19.04	8.77
Mortero de nivelación para instalación de piso	m ²	48%	20.55	9.74
Aplicación de estuco sobre revoque	m ²	52%	28.72	14.94
Aplicación de revoque sobre mampostería	m ²	46%	19.21	8.85
Aplicación de pintura fondeo	m ²	61%	41.89	25.45

Nota. Tomado de Arboleda, S. (2014). “Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación”.

El séptimo trabajo encontrado fue realizado por Jessica Gonzales y Cristian Moreno en 2016 para la universidad piloto de Colombia con el título de “Relación de rendimiento de mano de obra entre la hacienda Peñalisa y proyectos de grado de la universidad piloto de Colombia” en este trabajo se utilizó la medición directa en obra en actividades que se hacen todos los días y con diferentes frentes de trabajo, como lo es, enchape, cielo rasos, graniplast, instalación de cubiertas, mampostería, pañete, fundición de muros y placas en concreto en la obra Hacienda Peñalisa etapas Ocobo y Ceiba, la obra se encuentra ubicada en el municipio de Ricaurte Cundinamarca. Los resultados se reflejan en la Figura 9.

Figura 9. Rendimientos obtenidos por Gonzales y Moreno

ACTIVIDAD	Nombre del proyecto		Relación de Rendimientos de mano de obra entre la Hacienda Peñalisa y proyectos de grado de la Universidad Piloto de Colombia			Indicadores de rendimiento de mano de obra.
	Autor		Moreno y Gonzales			Construdata
	CUADRILLA		Rendimiento obtenido municipio Hacienda peñalisa (Ricaurte Cundinamarca)			Rendimiento obtenido Construdata
Actividad	Oficial	Ayudante	unidad	rendimiento hora	promedio	rendimiento hora
Estructura Metálica para Drywall	1	2	M2/H	4,3	3,6	3,75
Instalación Laminas de yeso para Drywall	1	2	M2/H	2,9		
Enchape en Cerámica	1	1	M2/H	3,7	5,5	3,75
Emboquille de enchape de Cerámica	1	1	M2/H	7,3		
Aplicación de Graniplast	2	1	M2/H	3,1	3,1	0
Pañete Exterior	2	1	M2/H	3,9	3,9	0
Instalación de perfiles para cubierta	1	2	ML/H	11,9	13,4	0,6
Cubierta en Asbesto - Cemento			M2/H	14,9		
Mampostería	2	1	M2/H	3,7	3,7	5
Armado de malla en muros y placas	1	3	M2/H	15,4	15,4	0
Instalación de Red eléctrica e Hidrosanitaria para APTO de 54 m2	1	1	APTO/H	0,6	0,6	0
Encofrado de Muros y Placas con formaleta Metálica	3	11	M2/H	19,7	19,7	0
Vaciado de Concreto	6	2	M3/H	5,5	5,5	0

Nota. Rescatado de Gonzales y Moreno. (2016). “Relación de rendimiento de mano de obra entre la hacienda Peñalisa y proyectos de grado de la universidad piloto de Colombia”.

En octavo lugar está el trabajo titulado “Análisis comparativo del rendimiento de mano de obra en la construcción de un edificio” realizado por Leydi Mahecha en 2010 para la universidad javeriana. Este completo trabajo utilizo la metodología de la teoría del estudio de tiempos, llevando un riguroso control de las actividades elegidas, los ciclos de trabajo las holguras y la calificación del trabajador. La obra analizada consiste en la construcción de una urbanización de vivienda compuesta por 8 torres de 12 pisos y una de 9, todas con cuatro apartamentos por nivel para un total de 420 unidades de apartamentos. Las áreas de estos se encuentran entre los 50 y 68 m², así mismo las actividades elegidas fueron la excavación manual, losa maciza, y mampostería en bloque No 4. En la **Figura 10** se reflejan los rendimientos obtenidos y se hace un comparativo con la base de datos construdata y con los rendimientos manejados por la empresa constructora antes de realizarse el estudio.

Figura 10. Rendimientos obtenidos por Mahecha

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL CONSUMO DE MANO DE OBRA						
Actividad	Unidad	Valor según el estudio	Valor según Construdata 	Variación porcentual Construdata	Valor según Empresa constructora <i>Empresa constructora</i>	Variación porcentual Empresa constructora
Excavación manual cimientos	hh/m ³	3,67	1,86	50,68%	2,04	56%
Losa Maciza	hh/m ²	0,9	1,36	151,11%	0,94	104%
Bloque No 4	hh/m ²	0,45	2,38	528,89%	2,40	533%

Nota. Rescatado de Mahecha. (2010). “Análisis comparativo del rendimiento de mano de obra en la construcción de un edificio”.

Como noveno trabajo se tiene el realizado por Leydi Roa y Daniela Carrillo en 2019 para la Universidad Santo Tomas bajo el título de “Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de acabados en proyectos de construcción en Bucaramanga” en este estudio se utilizó la metodología descrita en la teoría del estudio de tiempos, el estudio se llevó a cabo en los siguientes proyectos del área metropolitana de Bucaramanga, Torre santo domingo, Torre rio, Sequohia, Avalon, Condominio parque 22, Infinity sky club, edificaciones que cumplen con los parámetros mencionados anteriormente, y su vez coinciden en la realización de las actividades analizadas. La **Figura 11** resume la información resultante.

Figura 11. Rendimientos obtenidos por Roa y Carrillo

Actividad	Consumo de mano de obra Bucaramanga (hc/m2)	Consumo de mano de obra Construdata (hc/m2)	Diferencia	%
Pintura en muros interiores a dos manos hasta 3,00 m de altura	0,19	0,13	-	0,06
Friso liso en muro con mortero 1:3. e=2cm hasta 3,00m de altura	0,49	0,72	-	0,23
Estuco sobre muro hasta 3,00m de altura	0,30	0,16	-	0,14
Enchape sobre muro hasta 3,00m de altura	0,38	0,50	-	0,12
Enchape de pared formato 30x60 cm aprox.	0,40	0,50	-	0,10

Nota. Tomado de Roa y Carrillo. (2019). “Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de acabados en proyectos de construcción en Bucaramanga”.

En el décimo lugar tenemos los “Factores determinantes en rendimientos de mano de obra de construcción de edificaciones en Bucaramanga y su área metropolitana: muros y acabados” de la autoría de Margarita Caballero y Héctor Vargas en el año 2013 para la universidad pontificia bolivariana, este trabajo utilizo la metodología de medición directa en obras del área metropolitana

de Bucaramanga, se buscaron obras que estuvieran en fase de muros y acabados por lo cual se estudiaron las siguientes (ver Figura 12).

Figura 12. Obras estudiadas por Caballero y Vargas

No	PROYECTO	No. PISOS	MUNICIPIO	CONSTRUCTORA
1	OASIS DEL MARDEL	31	BUCARAMANGA	MARDEL
2	TORRES DE LA CIGARRA	18	BUCARAMANGA	URVIVIENDAS
3	MIRAFLORES	5	PIEDRECUESTA	MARVAL
4	PASEO DEL PUENTE	2	PIEDRECUESTA	MARVAL
5	PASEO REAL	5	PIEDRECUESTA	MARVAL
6	MIRADOR DE VERSALLES	15	FLORIDABLANCA	MARVAL
7	GERMANIA	18	BUCARAMANGA	MARVAL
8	SAN LORENZO	18	BUCARAMANGA	INACAR
9	BENEMENTO	3	PIEDRECUESTA	INACAR
10	RIVOLLY	16	BUCARAMANGA	INACAR
11	PALMAS DE LA FRONTERA	14	BUCARAMANGA	CONSTRUCTORA MONSERRATE
12	ROSARIO CONDOMINIO	21	FLORIDABLANCA	CONSORCIO
13	PORTAL DE SAN FRANCISCO	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
14	GERMANY	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
15	SAN ALONSO LOFT 18	5	BUCARAMANGA	INDEPENDIENTE
16	U.P.B EDIFICIO A	1	FLORIDABLANCA	INDEPENDIENTE
17	CASA GIRON 1	2	GIRON	INDEPENDIENTE
18	CASA GIRON 2	2	GIRON	INDEPENDIENTE
19	EDIF. COMERCIAL	3	GIRON	INDEPENDIENTE

Nota. Tomado de Caballero y Vargas. (2013). “Factores determinantes en rendimientos de mano de obra de construcción de edificaciones en Bucaramanga y su área metropolitana: muros y acabados”.

Así mismo las actividades analizadas con sus respectivos rendimientos fueron las siguientes (ver

Figura 13).**Figura 13.** Rendimientos encontrados por Caballero y Vargas

Ítem	Descripción	Unidad	Productividad (UND/H)	Rendimiento o Consumo (H/UND)	Pesimista (H/UND)	Optimista (H/UND)	Desviación Estándar (H/UND)
1	Muros en Mampostería E-9	m2	5,974	0,1674	0,3014	0,0294	0,0905
2	Muros en Mampostería E-11	m2	4,708	0,2124	0,3301	0,1028	0,0667
3	Muros en Mampostería Estublock	m2	3,992	0,2505	0,4181	0,1413	0,0760
4	Muros en Mampostería H-7	m2	6,199	0,1613	0,2426	0,0920	0,0462
5	Muros en Mampostería H-10	m2	5,587	0,1790	0,2629	0,0658	0,0593
6	Mortero de piso, e= 4,5 cm	m2	6,102	0,1639	0,2540	0,1068	0,0417
7	Pintura tradicional con rodillo	m2	112,750	0,0089	0,0156	0,0052	0,0026
8	Friso de Fachada	m2	4,084	0,2449	0,3162	0,1630	0,0366
9	Friso de paredes interiores	m2	7,458	0,1341	0,2178	0,0501	0,0534
10	Estuco plástico o acrílico	m2	54,293	0,0184	0,0243	0,0133	0,0033
11	Estuco Tradicional	m2	30,308	0,0330	0,0434	0,0193	0,0055
12	Cielo raso en Drywall	m2	6,916	0,1446	0,2176	0,0661	0,0494
13	Guardaescobas, ancho= 8cm	ml	31,975	0,0313	0,0391	0,0240	0,0046
14	Instalación de ventanería metálica	m2	23,855	0,0419	0,0764	0,0156	0,0156
15	Enchape de pisos	m2	8,438	0,1185	0,2159	0,0577	0,0405
16	Enchape de pared	m2	3,484	0,2871	0,4103	0,1582	0,0829
17	Instalación de puertas en madera	m2	2,906	0,3441	0,4430	0,2489	0,0633
18	Instalación de puertas metálicas	m2	6,911	0,1447	0,1913	0,1024	0,0246
19	Dilataciones en friso	ml	120,621	0,0083	0,0107	0,0058	0,0014
20	Embone de puertas metálicas	ml	17,884	0,0559	0,0744	0,0420	0,0096
21	Filos	ml	60,200	0,0166	0,0200	0,0146	0,0014
22	Graniplast sobre Fachada	m2	28,172	0,0355	0,0442	0,0272	0,0055
23	Emboquillado	ml	355,481	0,0028	0,0040	0,0021	0,0006

Nota. Tomado de Caballero y Vargas. (2013). “Factores determinantes en rendimientos de mano de obra de construcción de edificaciones en Bucaramanga y su área metropolitana: muros y acabados”.

El undécimo trabajo es el realizado por Carlos Ramírez y Juan Portillo en 2015 para la universidad piloto de Colombia, el cual lleva por título “Rendimiento de mano de obra en concreto

(viga de cimentación, viga aérea y columnas) para la construcción de viviendas en los municipios de Espinal y Purificación Tolima” para obtener los rendimientos se utilizó la metodología de medición directa en obra en los proyectos de Ciudadela Cafasur en Espinal y el progreso en Purificación las actividades analizadas y sus respectivos rendimientos fueron los siguientes (ver **Tabla 5**).

Tabla 5. Rendimientos obtenidos por Ramírez y Portillo

Actividad ejecutada	Rendimiento obtenido Espinal	Rendimiento obtenido Purificación	Comparación
VIGA DE CIMENTACION			
Amarre hierro	1.83 m/H-h 9.15 kg /H-h	1.63 m/H-h 11.41 Kg/H-h	E<P
Formaleta (madera)	1.95 m/H-h	1.81 m/H-h	E>P
Fundida concreto	0.20 m ³ /H-h	0.13 m ³ /H-h	E<P
COLUMNA			
Amarre hierro	0.61 m/H-h 1.95 kg /H-h	0.55 m/H-h 4.76 kg /H-h	E<P
Formaleta (madera)	0.79 m/H-h	0.76 m/H-h	E>P
Fundida concreto	0.05 m ³ /H-h	0.06 m ³ /H-h	E<P
VIGA AEREA			
Amarre hierro	1.31 m/H-h 3.93 kg /H-h	1.21 m/H-h 7.10 kg /H-h	E<P
Formaleta (madera)	1.59 m/H-h	1.45 m/H-h	E>P
Fundida concreto	0.07 m ³ /H-h	0.08 m ³ /H-h	E<P

Nota. Rescatado de Ramírez y Portillo. (2015). “Rendimiento de mano de obra en concreto (viga de cimentación, viga aérea y columnas) para la construcción de viviendas en los municipios de Espinal y Purificación Tolima”.

En el puesto número doce está la investigación titulada “análisis de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado en el municipio de Sincelejo sucre” realizado por David Martínez y Carlos Valeta en 2009 para la universidad de sucre. Aunque en el también se hace una revisión de la bibliografía existente los resultados se obtienen a partir de la medición directa en obra, realizando mediciones

en un total de diez obras en la ciudad de Sincelejo, también se acompañó de encuestas para determinar los factores de mayor incidencia en los rendimientos y la productividad, el estudio opto por analizar una gran variedad de actividades tal como lo muestran las tablas a continuación (ver Figura 14).

Figura 14. Rendimientos obtenidos por Martínez y Valeta

CAP	SUB CAP	DESCRIPCION	UND	PRODUCTIVIDAD	CONSUMO	OPTIMO	PESIMO	CUADRILLA			
				UND/hH	hH/und	hH/und	hH/und	O	A	M	
1		PRELIMINARES									
	1.1.	Limpieza y Descapote manual h=0.30m	m ²	3,937	0.254	0.168	0.338	0	2	0	
	1.2.	Retiro de sobrantes hasta 30m promedio	m ³	1,277	0.783	0.500	1.028	0	2	0	
	1.3.	Cerramiento plástico - fique 1 x 1.5m	m ²	6,329	0.158	0.094	0.225	1	2	0	
	1.4.	Cerramiento en zinc-lámina N°6 - 0.92 x 2m	m ²	4,566	0.219	0.150	0.308	1	2	0	
	1.5.	Trazado y replanteo	m ²	9,434	0.106	0.060	0.162	1	2	0	
	1.6.	Campamento	m ²	10% a 15% del área total del proyecto							
2		EXCAVACIONES									
h=1 m	2.1.	Suelo común - poco compacto	m ³	0,806	1.241	0.900	1.528	0	2	0	
	2.2.	Suelo heterogéneo seco - medio	m ³	0,595	1.680	1.333	2.333	0	2	0	
	2.3.	Suelo heterogéneo seco - mucha roca	m ³	0,440	2.271	1.552	2.983	0	2	0	
h=2 m	2.4	Suelo común - poco compacto.	m ³	0,633	1.580	1.125	1.910	0	2	0	
	2.5	Suelo heterogéneo seco - medio.	m ³	0,397	2.520	2.000	3.500	0	2	0	
	2.6	Suelo heterogéneo seco - mucha roca.	m ³	0,259	3.861	2.639	5.072	0	2	0	
3		FUNDICIÓN EN HORMIGON ARMADO									
	3.1.	Cimentaciones									
	3.1.1.	Solados e = 5 cm	m ³	3,030	0.330	0.267	0.450	1	2	0	
	3.1.2.	Fundido de pedestal 0.30 x 0.30 x 0.50m	m ³	2,101	0.476	0.300	0.750	1	3	0	
	3.1.3.	Zapatás 1.2 x 1.2 x 0.4 m	m ³	1,036	0.965	0.660	1.400	1	3	0	
	3.1.4.	Viga cimiento 0.25 x 0.40 m	ml	3,774	0.265	0.243	0.300	1	2	0	
	3.2.	Estructuras									
	3.2.1.	Columnas de hasta 0.3m x 0.3m x 2.2 m	ml	2,278	0.439	0.367	0.477	1	2	0	
	3.2.2	Machones de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	4,098	0.244	0.195	0.335	1	2	0	
	3.2.3	Viga de entepiso de hasta 0.25m x 0.40.	ml	4,082	0.245	0.152	0.400	1	3	0	
	3.2.4	Viga guardera de hasta 0.10m x 0.20m.	ml	5,848	0.171	0.125	0.208	1	2	0	
	3.2.5	Loza de entrepisos aligerada	m ²	3,717	0.269	0.133	0.533	1	6	1	

4		MUROS								
4.1	Levante de muro – Bloque 0.09m.	m ²	4,115	0.243	0.162	0.362	1	1	0	
4.2	Levante de muro – Bloque 0.15m.	m ²	3,356	0.298	0.250	0.370	1	1	0	
4.3	Levante de muro con bloque a la vista	m ²	2,865	0.349	0.300	0.420	1	1	0	
4.4	Levante muro para mojinete (Cuchillas).	m ²	3,003	0.333	0.300	0.390	1	1	0	
4.5	Levante muro sobre cimientito – Bloque 0.15m.	ml	10,753	0.093	0.053	0.139	1	1	0	
5		PISOS Y ACABADOS								
5.1	Pisos									
5.1.1	Plantilla para piso e = 0.05m.	m ²	11,628	0.086	0.072	0.101	1	3	0	
5.1.2	Revoque de plantilla 0.025m. – mortero 1:5.	m ²	16,393	0.061	0.042	0.098	0	2	0	
5.1.3	Piso para baño (Cerámica común)	m ²	2,959	0.338	0.267	0.400	1	2	0	
5.1.4	Pared baño y cocina (Cerámica común).	m ²	1,259	0.794	0.615	1.000	0	2	0	
5.1.5	Piso general (Cerámica común)	m ²	3,891	0.257	0.200	0.317	1	1	0	
5.2	Acabados									
5.2.1	Pañete para muro e = 0.025m.	m ²	3,367	0.297	0.178	0.348	0	2	0	
5.2.2	Pañete loza e = 0.025 m	m ²	2,950	0.339	0.298	0.364	0	2	0	
5.2.3	Acabado muro veneciano	m ²	1,253	0.798	0.615	1.000	1	1	0	
5.2.4	Revoque yeso- estucado	m ²	4,525	0.221	0.179	0.257	1	1	0	
5.2.5	Pintura acrílica	m ²	2,611	0.383	0.105	0.950	0	2	0	
6		INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS								
6.1	Juego de baño	ud	0,551	1.816	1.330	2.286	1	1	0	
6.2	Punto Hidro Sanitaria – PVC 1/2" – 2"	Ud	2,740	0.365	0.286	0.500	0	2	0	
6.3	Punto Hidro Sanitaria – PVC 3" – 4"	ud	1,631	0.613	0.500	0.800	0	2	0	
6.4	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 1/2" – 2"	ml	5,747	0.174	0.133	0.224	1	1	0	
6.5	Red Hidráulica (Agua potable) – PVC 3" – 4"	ml	3,559	0.281	0.205	0.374	1	1	0	
6.6	Box colver (Caja de Registro)	m ²	0,239	4.184	2.750	5.330	0	2	0	
7		INSTALACIONES ELECTRICAS								
7.1	Puntos eléctricos	ud	1,631	0.613	0.500	0.800	1	1	0	

	7.2	Red eléctrica interna (en tubería)	ml	4,545	0.220	0.150	0.280	1	1	0
	7.3	Red eléctrica externa	ml	5,952	0.168	0.120	0.260	1	1	0
	7.4	Aparatos eléctricos	ud	0,716	1.397	0.750	1.780	1	1	0
8		CUBIERTAS								
	8.1	Asbesto cemento	ud	3,731	0.268	0.200	0.380	1	1	0
	8.2	Cielo raso yeso cartón		1,230	0.813	0.588	1.000	1	1	0
	8.3	Cielo raso icopor		3,125	0.320	0.263	0.394	1	1	0
9		CARPINTERIA METALICA Y DE MADERA								
	9.1	Puertas	m ²	0.667	1.500			1	1	0
	9.2	Ventanas	m ²	0.800	1.250			1	1	0
	9.3	Rejas	m ²	4.000	0.250			1	1	0
10		CAPITULOS ESPECIALES								
A		CONCRETOS								
	A 1	Concreto manual 1.2.3 - 3000 PSI	m ³	0.411	2.431	1.865	3.030	0	4	0
	A 2	Concreto 1.2.3 – 3000 PSI Mezcladora	m ³	8,333	0.120	0.083	0.15	1	1	0
B		MORTERO								
	B 1	Mortero de pega 1:5.	m ³	0,838	1.193	0.900	1.550	1	1	0
C		ACEROS								
	C 1	Corte, doblado y amarre de Acero.	Kg.	12,346	0.081	0.053	0.115	1	1	0
D		FORMALETAS Y/O ENCOFRADOS								
	D 1	Formaleta metálica.	m ²	3,597	0.278	0.227	0.380	1	2	1
	D 2	Formaleta en madera.	m ²	1,168	0.856	0.625	1.150	0	2	0
	D 3	Encofrado para loza aligerada.	m ²	1,157	0.864	0.568	1.185	1	2	0
	D 4	Encofrado para viga guardera.	m ²	9,259	0.108	0.060	0.180	0	2	0
	D 5	Casetón en icopor.	m ²	5,952	0.168	0.140	0.230	0	2	0
E		DESCOFRADO O DESIMBRADO								
	E 1	Desencofrado de viga guardera.	m ²	13,699	0.073	0.057	0.083	0	2	0
	E 2	Desencofrado de loza aligerada	m ²	7,143	0.140	0.096	0.187	1	1	0
F		CURADO								
	F 1	Curado con agua potable	m ²	18,868	0.053	0.030	0.070	1	1	0

Nota. Rescatado de Martínez y Valeta. (2009). “Análisis de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado en el municipio de Sincelejo sucre”.

Luego como décimo tercer trabajo se tiene el realizado por July Velandia en 2022 para la universidad nacional de Colombia titulado “Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca” el estudio tuvo como objetivo determinar los rendimientos y consumos de la mano de obra en las actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar, esto mediante la medición directa en obra, se indagaron en 2 empresas constructoras importantes del municipio de Tame, las cuales, durante 4 meses de la investigación desarrollaron 8 proyectos de vivienda en zona urbana del área en estudio. Los resultados obtenidos se resumen en la Figura 15.

Figura 15. Rendimientos obtenidos por Velandia

No	Actividades – cimentación	Unidad	Cuadrilla	Rendimiento (um/día)	Consumo (día/um)
1	Excavación manual en material común de 0.0 a 2.0 m de profundidad.	m ³	1 ayudante	2.51	0.399
2	Concreto ciclópeo de 2,000 psi	m ³	1 oficial 4 ayudantes	4.29	0.235
3	Zapatas en concreto de 3,000 psi. Sin refuerzo.	m ³	1 oficial 3 ayudantes	2.71	0.371
4	Pedestal en concreto de 3,000 psi, 0.3m x 0.30m	m	1 oficial 2 ayudantes	9.58	0.105
5	Concreto de limpieza de 2,000 psi, e=0.05m.	m ²	1 oficial 1 ayudante	25.35	0.040
6	Viga de cimentación de 3,000 psi, 0.25m x 0.25m	m	1 oficial 3 ayudantes	10.30	0.098
7	Relleno y compactación material seleccionado y compactado con rana	m ³	2 ayudantes	14.29	0.070

Nota. Rescatado de Velandia. (2022). “Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca”.

En el puesto número catorce se encuentra el “Análisis comparativo de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra En actividades básicas de la Construcción de viviendas, entre los precios de la Gobernación del Valle del Cauca y Buenaventura” realizado por Jhon Ortiz y Wallis Hurtado en el año 2023 para la universidad del pacifico, este trabajo se centra más en el análisis del aumento de precios de mano de obra, para lo cual utilizo encuestas con varias obras de las cuales obtenía rendimientos y costos, para posteriormente compararlos con los precios que maneja la gobernación del valle del cauca, como los rendimientos son preguntados directamente a las empresas encuestadas el trabajo utiliza la metodología de experiencia propia de cada empresa. A continuación, los datos obtenidos.

Figura 16. *Rendimientos obtenidos por Ortiz y Hurtado*

CODIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD	PERSONAL	INVESTIGACION	VALLE DEL CAUCA
PRELIMINARES					
100112	Limpieza desmonte aseo	M2	1 Ayudante	0,297	0,250
100113	Localización y replanteo, obra arquitectónica	M2	2 Ayudante,1 Oficial,	0,091	0,060
100601	Excavación en tierra a mano	M3	1 Ayudante	2,636	2,000
100605	Relleno con material de sitio manual	M3	1 Ayudante	1,682	0,900
110105	Caja de inspección 60x60cm (concreto)	Unidad	1 Ayudante,1 Oficial	6,091	4,152
DESAGUES BAJO TIERRA					
120211	Solado de limpieza espesor E=0.07mts 3000psi 210MPA	M2	2 Ayudante,1 Oficial,	0,679	0,300
120213	Zapata en concreto de 3000psi inc. Formaleta	M3	1 Ayudante.1 Oficial	4,012	2,950
120301	Viga de cimientos enlace H= 20-40cm 3.100psi	M3	2 Ayudante,1 Oficial,	6,182	5,900
120401	Pedestales en concreto de 3.100psi 21.0 MPA	M3	1 Ayudante,1 Oficial	5,891	3,000
ESTRUCTURAS					
130204	Columna en concreto 3000psi	M3	3 Ayudantes,1 Oficial	8,394	7,600
130403	Viga concreto amarre muro 10-12x20cm	MI	1 Ayudantes,1 Oficial	1,285	0,500
130605	Losa bloque prefabricad e=20cm	M2	3 Ayudantes, 1 Oficial	0,960	0,950

Nota. Tomado de Ortiz y Hurtado. (2023). “Análisis comparativo de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra En actividades básicas de la Construcción de viviendas, entre los precios de la Gobernación del Valle del Cauca y Buenaventura”.

Luego como décimo quinto trabajo se tiene el realizado por Robert Góngora y Richard López en 2020 para la universidad piloto de Colombia que lleva por título “Rendimiento de mano de obra para los diferentes sistemas constructivos de placas entrepiso aligeradas aplicadas en la ingeniería civil en la región” en este trabajo se utilizó la medición directa en obra para obtener rendimiento de tres procesos constructivos, metaldeck, bloquelon y losa maciza, a continuación el resumen de los resultados obtenidos (ver **Figura 17**).

Figura 17. Rendimientos obtenidos por Góngora y López

Altura de piso:		3,0 m				
Losa	Encofrado	Instalación malla (m ²)	Encofrado de placa (m)	Vaciado de concreto (m ²)	Desencofrado (m)	Rendimiento Total N+3.0m
Metaldeck	8,9 hr/m ²	33,8 hr/m ²	23,2 hr/m	16,9 hr/m ²	79,2 hr/m	162,0 hr/m ²
Bloquelón	7,7 hr/m ²	18,8 hr/m ²	18,0 hr/m	12,5 hr/m ²	76,8 hr/m	133,8 hr/m ²
Maciza	13,3 hr/m ²	61,0 hr/m ²	22,1 hr/m	73,8 hr/m ²	154,0 hr/m	324,1 hr/m ²

Nota. Tomado de Gongora y Lopez. (2020). “Rendimiento de mano de obra para los diferentes sistemas constructivos de placas entrepiso aligeradas aplicadas en la ingeniería civil en la región”.

En el lugar número dieciséis está el trabajo titulado “Calculo de rendimientos para actividades de construcción que empleen el sistema industrializado” realizado por Gabriel Losada en el año 2021 para la universidad católica de Colombia, la investigación utiliza la metodología de medición directa en obra para estudiar una obra que emplea el sistema industrializado de tipo mano portante, en el municipio de Cajicá, la **Figura 18** resume las actividades estudiadas y los rendimientos obtenidos.

Figura 18. Rendimientos obtenidos por Losada

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO	GRUPO DE TRABAJO	
1	CIMENTACIÓN				
1,1	Armar y fundir Pozo Eyector	M3	0,03	M3/H	(1 Of+2 Ay)
1,2	Armar y fundir Placa de contrapiso e= 12 CM	M2	0,22	M2/H	(1 Of+2 Ay)
2	ESTRUCTURA				
2,1	Armar y fundir Placa monolitica e= 10 CM	M2	0,19	M2/H	(2 Of+3 Ay)
2,2	Armar y fundir escalera	M2	0,16	M2/H	(2 Of+3 Ay)
2,3	Armar y fundir Columnas	M2	0,15	M2/H	(2 Of+3 Ay)
2,4	Armar y fundir muros en concreto e= 10 CM	M3	0,03	M3/H	(1 Of+2 Ay)
2,5	Colocacion tuberia de PVC y CPVC embebida en placa	ML	20,00	ML/H	(1 Of+2 Ay)
2,6	Colocacion tuberia galvanizada	ML	15,00	ML/H	(1 Of+2 Ay)
2,7	Colocacion tuberia conduit	ML	25,00	ML/H	(1 Of+2 Ay)
2,8	Armar y fundir Viga dintel	M3	0,03	M3/H	(1 Of+2 Ay)
3	MAMPOSTERÍA				
3,1	Mortero 1:3 con arena lavada de peña	M3	1,11	M3/H	(1 Of+2 Ay)
3,2	Muro en ladrillo prensado e=12 cm	ML	0,86	ML/H	(1 Of+1 Ay)
3,3	Alfajía en ladrillo prensado e=12 cm	ML	0,50	ML/H	(1 Of+1 Ay)
3,4	Enchape de placa en prensado e=12 cm	ML	0,76	ML/H	(1 Of+1 Ay)
3,5	Hilada de Remate en prensado e=12 cm	ML	0,69	ML/H	(1 Of+1 Ay)
3,6	Muro en ladrillo Hueco No. 4 e=12 cm	M2	0,87	M2/H	(1 Of+1 Ay)
3,7	Dinteles en Ladrillo Hueco No.4	ML	2,22	ML/H	(1 Of+1 Ay)
4	PAÑETES				
4,1	Pañete min	M3	1,05	M3/H	(1 Of+2 Ay)
4,2	Pañete liso bajo placa con pañete min	M2	0,83	M2/H	(1 Of+1 Ay)
4,3	Pañete liso muro con pañete min	M2	0,91	M2/H	(1 Of+1 Ay)
4,4	Panete impemeabilizado muros	M2	0,83	M2/H	(1 Of+1 Ay)

Nota. Rescatado de Losada. (2021). “Cálculo de rendimientos para actividades de construcción que empleen el sistema industrializado”.

El último trabajo analizado fue de autoría de Fredy Mancilla y Héctor sarmiento, realizado en 2013 para la universidad pontifica bolivariana y lleva por título “Factores que impactan la productividad de la mano de obra en actividades de construcción: movimientos de tierra y urbanismo” el estudio fue realizado en obra de Bucaramanga y su área metropolitana, utilizando la metodología de medición directa en obra sobre actividades de movimientos de tierra y urbanismos, sus resultados se resumen a continuación (ver Figura 19).

Figura 19. Rendimientos obtenidos por Mancilla y Sarmiento

BASE DE DATOS										
Cap	Sub cap	Descripción	Resumen estadístico descriptivo							
			UN	Opti	Rendimi	Pesim	Producti	Cuadri		
				mista	ento	ista	vidad	lla	O	A
			hH/U	hH/Um	hH/U	Um/hH				
1	Sumideros									
	1,1	Mampostería caja	MI	0,085 6667	0,11558 1481	0,143 889	8,651905 021	1	1	0
	1,2	Perforación tubería de 10"	UN	0,162 2222	0,19452 7778	0,220 833	5,140654 005	1	0	0
	1,3	conexión de tubería de 6" a tubo maestro de 10"	UN	0,153 3333	0,18800 4115	0,222 778	5,319032 505	1	0	0
2	Tubería de gas									
	2,1	Excavación con Maquina para tubería de gas	M3	0,029 1667	0,06952 1605	0,083 97	14,38401 776	1	1	0
3	Caja de energía									
	3,1	Mampostería caja de energía domiciliaria	UN	0,561 3889	0,71651 8519	0,825 278	1,395637 341	1	1	0
4	Pedestal									
	4,1	Armado formaleta pedestal	M2	0,158 67	0,19141 4141	0,221 801	5,224274 406	0	1	0
	4,2	Fundida pedestal	M3	3,686 8687	5,34483 7262	6,641 414	0,187096 436	1	1	0
	4,3	Resane pedestal	M2	0,233 5859	0,27846 2869	0,345 96	3,591143 056	0	1	0
5	Cerramiento									
	5,1	Cerramiento del conjunto en mampostería	M2	0,026 8265	0,04063 3537	0,052 485	24,61021 27	1	1	0
	5,2	Limpieza muro en mampostería	M2	0,008 7081	0,01183 0526	0,014 283	84,52709 641	0	1	0
	5,3	Instalación poste para muro de cerramiento	UN	0,136 6667	0,20647 2222	0,27	4,843266 514	1	0	0
	5,4	Armado columna muro de	UN	0,176	0,21559	0,270	4,638378	0	1	0

		cerramiento		6667	2593	833	286			
6	Caja domiciliaria agua									
	6,1	Excavación hueco para caja domiciliaria	UN	0,270 2778	0,33938 8889	0,407 5	2,946472 418	0	1	0
	6,2	Instalación caja agua domiciliaria	UN	0,069 7222	0,11279 6296	0,179 444	8,865539 32	1	1	0
	6,3	Conexión tubería caja a punto domiciliario	UN	0,106 1111	0,14462 963	0,193 056	6,914212 548	1	0	0
	6,4	Relleno caja agua domiciliaria	UN	0,051 9444	0,07331 4815	0,107 5	13,63980 803	0	1	0
	6,5	Enrase con mortero	UN	0,029 4444	0,04741 6667	0,067 222	21,08963 093	0	1	0
7	Alcantarillado									
	7,1	Excavación con retro para tubería de A/N y A/LL	M3	0,017 7015	0,01443 4641	0,433 039	69,27779 036	1	0	0
	7,2	Postura de arena de peña para tubería de 8"	ML	0,018 287	0,02622 9938	0,033 75	38,12437 489	1	2	0
	7,3	Postura de arena de peña para tubería de 16"	ML	0,011 8056	0,01650 1543	0,021 343	60,60039 278	1	3	0
	7,4	Relleno a máquina zanja de tubería A/N y A/LL	M3	0,010 4938	0,01580 2469	0,020 525	63,28125 83	1	0	0
	7,5	Compactación por capas relleno de tuberías A/LL y A/N	M3	0,031 9444	0,03770 2332	0,045 936	26,52355 83	0	1	0
	7,6	Postura de tubería de 16" aguas lluvias	ML	0,005 7407	0,00810 0309	0,014 954	123,4520 861	1	3	0
	7,7	Postura de tubería de 8" aguas negras	ML	0,002 8241	0,00477 0062	0,006 204	209,6408 929	1	3	0
8	Andenes									
	8,1	Formaleta para anden	ML	0,007 5	0,02255 8137	0,047 531	44,32990 132	0	1	0
	8,2	Fundida en concreto para anden	M3	0,335 3175	0,39916 9606	0,464 583	2,505200 758	1	3	0
	8,3	Llana para anden	M2	0,029 1481	0,03817 3771	0,063 148	26,19599 755	0	1	0
	8,4	Dilataciones de andenes	UN	0,013 6111	0,02262 2549	0,032 222	44,20368 364	0	1	0
9	Excavación a maquina									
	9,1	Excavación material conglomerado	M3	0,002 7222	0,00435 0617	0,006 056	229,8524 404	0	1	0
10	Pozos									
	10,1	Excavación a mano pozo	UN	1,39	2,306	3,27	0,433651 344	1	1	0
	10,2	Base en concreto para pozos	M3	0,675 1516	0,89121 4656	1,121 614	1,122064 133	1	1	0
	10,3	Armado Formaleta para Pozo de inspección	UN	0,675 2778	0,76538 8889	0,870 278	1,306525 368	1	1	0

Nota. Rescatado de Mancilla y Sarmiento. (2013). "Factores que impactan la productividad de la mano de obra en actividades de construcción: movimientos de tierra y urbanismo".

8. Cuadro comparativo entre métodos

El análisis de los métodos utilizados para calcular los rendimientos de mano de obra en la industria de la construcción es esencial para mejorar la planificación y ejecución de proyectos. En Colombia, las empresas constructoras emplean diversos enfoques para estimar los tiempos y recursos necesarios para completar actividades específicas en obra. Cada uno de estos métodos tiene ventajas y limitaciones que deben considerarse según el tipo de proyecto, su localización y los recursos disponibles.

Este cuadro comparativo se centra en cuatro métodos predominantes: la experiencia acumulada por las empresas, el uso de información documental, el estudio del trabajo, y la medición directa en obras similares. Estos métodos se comparan en términos de su aplicabilidad, precisión, inversión en tiempo y dinero, y su confiabilidad en diferentes tipos de proyectos constructivos.

A través de esta comparación, se busca proporcionar una guía clara sobre cuándo es más adecuado utilizar cada método, facilitando a los constructores la elección del enfoque que mejor se adapte a sus necesidades específicas. La correcta selección del método no solo influye en la precisión de los cálculos, sino que también impacta directamente en la rentabilidad y el éxito de los proyectos. De esta forma, este análisis comparativo ofrece una herramienta valiosa para los profesionales del sector, ayudando a optimizar la eficiencia y competitividad en la industria de la construcción en Colombia.

Tabla 6. *Cuadro comparativo entre métodos*

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
Experiencia	Experiencia propia de la empresa desarrollando	• Poca inversión de dinero y tiempo.	• Su precisión depende del recorrido

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
	<p>proyectos de construcción que le permita predecir rendimientos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de aplicar. • Permite a las empresas una mayor flexibilidad y adaptación rápida a cambios imprevistos. 	<p>de la empresa en el sector.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que la empresa mantenga un enfoque específico en el tipo de obras que realiza. • Puede llevar a sobrevaloraciones o subestimaciones importantes si no se ajusta a las condiciones específicas del proyecto actual.
<p>Información documental</p>	<p>Utiliza los rendimientos encontrados en la bibliografía disponible, idealmente de obras que cuenten con un cotexto similar al cual se desea aplicar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Poca inversión de dinero y tiempo. • Fácil de aplicar. • Cada día existen más insumos para aplicar ésta metodología. • Puede servir como referencia para mejorar prácticas internas si se usan comparaciones con otros estudios de diferentes regiones o países. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe confiar en la veracidad de los datos que se encuentran. • Se requiere encontrar datos de obras con contextos muy similares a los de la obra en la cual se quiere aplicar. • Los datos pueden no estar actualizados o reflejar las condiciones actuales del mercado, lo que afectaría la precisión de los cálculos.
<p>Estudio del trabajo</p>	<p>Metodología que toma, analiza y procesa información para hacer seguimiento y medición de la productividad. Se enfoca en analizar tareas y procesos, a partir de dos técnicas: a) análisis de métodos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología estandarizada. • Cuenta con rigor académico. • Los datos entregados son altamente precisos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere buena inversión de dinero y tiempo. • Se requiere ampliamente de la colaboración de muchos sectores. • Debe estudiarse cuidadosamente para adaptarse al contexto de la obra.

Método	Descripción	Ventajas	Desventajas
	y b) medición de tiempos.		<ul style="list-style-type: none"> • Solo se puede aplicar para ciertas actividades.
Medición directa en obra similares	Tiempos medidos directamente en obra teniendo en cuenta todo su contexto y llevando un control riguroso de todas las pérdidas de tiempo que puedas presentarse o condiciones atípicas que puedas afectar el estudio, los resultados son estudiados estadísticamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Los datos entregados con confiabilidad. • Fácil de aplicar. • Comúnmente utilizada. • Los datos obtenidos son de propiedad del autor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión de tiempo y dinero. • Requiere colaboración de varios sectores. •

El primer método depende demasiado del recorrido de la empresa que lo utilice para su aplicación y para la veracidad de los datos dado a la falta de rigor, lo que lo hace inviable para las pequeñas empresas. No se encuentra bibliografía sobre casos de aplicación del método debido a que no requiere rigor académico por lo que no es conveniente como caso de estudio sin embargo puede ser un buen punto de partida para empresas que llevan mucho tiempo en la industria y hayan hecho un buen análisis de sus propios proyectos y los rendimientos dados en los mismos.

El segundo método por su parte es algo que cualquier empresa puede hacer ya que solo se necesita acceso a la información y hay mucha de libre acceso en la web, así como en bases de datos, sin embargo la dificultad radica en adaptar los rendimientos encontrados en la bibliografía al contexto específico de la obra en la cual se quiere aplicar ya que como se ha explicado antes los rendimientos dependen directamente de factores ambientales y contextuales específicos de cada obra. Por lo general la bibliografía disponible en la red se concentra en las grandes ciudades del país, este tema va estrechamente ligado a la ubicación de las grandes universidades quienes son

productoras de investigaciones, lo anterior resulta en que para proyectos ubicados fuera de las grandes ciudades no sea una metodología tan viable, por último cabe aclarar que la poca inversión necesaria además del tiempo sería destinada para la suscripción a bases de datos científicas como Scopus, Science direct, Dialnet, Web of science, Scielo, Redalyc, sin embargo se encuentran una gran variedad de trabajos abiertos al público en Google Académico.

Nuestro tercer método el estudio de tiempos a su vez derivado del estudio del trabajo es un método mucho más estandarizado y riguroso, lo cual hace que sea el más elevado en términos de costo y tiempo, sus mayores complicaciones se deben a que se necesita total disposición de todas las partes para realizar el estudio además de que las actividades analizadas deben cumplir con unos criterios muy específicos por lo que su aplicabilidad no es tan amplia, sin embargo todo lo anterior se ve recompensado con la calidad de los datos obtenidos y que al dejar todos los procesos y actividades estandarizados se facilita mucho una segunda aplicación. Fue el segundo método del cual se encontraron más trabajos.

El último de los métodos es la medición directa en obra, fue el estudio del cual más se encontraron casos de aplicación lo cual nos habla de la amplia aplicabilidad que posee, requiere una inversión considerable de tiempo sobre todo en la etapa de mediciones, pero el tratamiento estadístico que se le da a los datos obtenidos es mucho más práctico que en el método anterior, se limita a fórmulas estadísticas básicas que validen el estudio como la media aritmética, rango, kurtosis, desviación estándar, datos máximos, datos mínimos, también se puede plantear casos optimistas o pesimistas, y en algunos proyectos se utilizaron los datos obtenidos para realizar simulaciones como lo hicieron Cabrera y Morales en 2015 utilizando el software Arena.

9. Conclusiones

- Se encontró que en nuestro país se utilizan 4 métodos para la obtención de rendimientos de mano de obra, estos métodos son la experiencia, la bibliografía, el estudio de tiempos y la medición directa en obras.
- A través de la revisión bibliográfica de 15 trabajos de investigación relacionados con la obtención de los rendimientos de mano de obra se pudo observar que el método de medición directa en obra es por mucho el más utilizado, esto puede deberse a que es uno de los métodos que entrega resultados más confiables sin una gran complejidad en su aplicación, sin mencionar que es muy práctico para la elaboración de proyectos de grado.
- A pesar de ser un tema bastante trabajado, cuando se habla de rendimiento de manos de obra los resultados suelen ser muy específicos de la zona en donde se realiza el estudio y el tipo de obra en la cual se trabaja, por lo cual se requiere que se siga investigando mucho más en todas las partes del país para que se cuente con una base de datos mucho más amplia.
- Los estudios analizados suelen ser muy diferentes uno del otro incluso cuando se trabajan en las mismas ciudades y en obras parecidas, esto dado que como cada investigador suele poner sus propios parámetros a la hora de elegir cuales actividades dentro de la obra se van a analizar, por lo que resulta muy complejo comparar un trabajo con otro.
- El hecho de que la mayoría de trabajos encontrados sean de la última década refleja un claro interés de las empresas en manejar sus propias bases de datos sobre rendimientos de mano de obra sabiendo que no es sólo una cuestión académica sino que contar con unos acertados rendimientos se va a reflejar en una mejor planificación de la obra y a su vez en una mayor rentabilidad.

Referencias

- A. Gómez Cabrera y D. Morales Bocanegra. (2016). *Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra*. INGE CUC, vol. 12, no. 1, pp. 21-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/ingecuc.12.1.2016.02>
- Arboleda, S. (2014). *Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación*. Obtenido de la Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51745>
- Becerra Alvarado, B. S. (2022). *Determinación de rendimientos de mano de obra de actividades menores de cimentación y estructura que sirvan de referencia para el adecuado cálculo de mano de obra en la elaboración de presupuestos y de la duración de las actividades en programación de fut*. Obtenido de Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2080>
- Botero Botero, L. F. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Obtenido de Revista Universidad EAFIT: <https://www.redalyc.org/pdf/215/21512802.pdf>
- Botero, L. F. (31 de Enero de 2002). *Análisis de Rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Obtenido de Revista Universidad EAFIT: <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/843/751>
- Caballero Velasco, M. R., & Vargas Porras, H. E. (2013). *Factores determinantes en rendimientos de mano de obras de construcción de edificaciones en Bucaramanga y su área*

metropolitana: Muros y Acabados. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana:
<https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5878>

Construdata. (2024). *Acerca de nosotros: Construdata.* Obtenido de Construdata:
<https://www.construdata.com/>

Góngora Figueroa, R., & López Ibarra, R. A. (Abril de 2020). *Rendimientos de mano de obra para los diferentes sistemas constructivos de placas entrepiso aligeradas aplicadas en la ingeniería civil en la región.* Obtenido de Universidad Piloto de Colombia:
<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7446>

González Jiménez, J. P., & Moreno Rivera, C. A. (2016). *Relación de rendimiento de mano de obra entre la Hacienda Peñalisa y proyectos de grado de la Universidad Piloto de Colombia.* Obtenido de Universidad Piloto de Colombia:
<https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5842>

Henao García, W. (2017). *Identificación de variables incidentes en el presupuesto de las labores de mantenimiento correctivo en la infraestructura de distribución acueducto en el área metropolitana del Valle de Aburrá.* Obtenido de Universidad EAFIT:
<https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/9c566edb-1120-457f-b477-4ac2213e1d1c/content>

Losada-Suarez, G. A. (2021). *Cálculo de los rendimientos para actividades de construcción que empleen el sistema industrializado.* Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería de Civil. Especialización en Gerencia de Obras. Bogotá, Colombia.

- Mahecha Gutiérrez, L. C. (2010). *Análisis comparativo del rendimiento de la mano de obra en la construcción de un edificio*. Obtenido de Pontifica Universidad Javeriana Bogotá: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7161>
- Mancilla, F. & Sarmiento, H. (2013). *Factores que impactan la productividad en la mano de obra en actividades de construcción: Movimientos de tierra y urbanismo*. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Martínez Padilla, D. F., & Valeta Revollo, C. A. (2009). *Análisis de la productividad y/o rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado en el municipio de Sincelejo, Sucre*. Obtenido de Universidad de Sucre: <https://repositorio.unisucre.edu.co/entities/publication/296cf8b0-18d2-45ad-b342-9376c24aff80>
- Mejía Aguilar, G., & Hernández C., T. C. (19 de Octubre de 2007). *Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra*. Obtenido de *Revista UIS Ingenierías*: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/405>
- Niebel, B. (2009). *Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Vol. 12 edición). Mc Graw Hill. Obtenido de <https://anyflip.com/kjptl/oypy/basic/351-400>
- Ortiz Candelo, J. (2023). *Análisis comparativo de Rendimientos y Consumos de Mano de Obra En actividades básicas de la Construcción de viviendas, entre los precios de la Gobernación del Valle del Cauca y Buenaventura*.
- Page, J. S. (1977). *Estimator's General Construction Manhour Manual*. Obtenido de <https://shop.elsevier.com/books/estimators-general-construction-manhour-manual/page/978-0-87201-320-9>

Polanco Sánchez, L. M. (16 de Julio de 2023). *Análisis de rendimientos de mano de obra par actividades de construcción - estudio de caso edificio J UPB*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/635>

Quimbay Herrera, R. N. (s.f.). *Factores que influyen en la productividad de la construcción en Colombia*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54497/Factores%20que%20influyen%20en%20la%20productividad%20de%20la%20construccion%20en%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez Herrera, C., & Portillo Aguirre, J. C. (2015). *Rendimiento de mano de obra en concreto (Viga de cimentación, viga aérea y columnas) para la construcción de viviendas en los municipios del Espinal y Purificación Tolima*. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5845>

Real Academia Española. (26 de Abril de 2024). *Diccionario panhispánico de dudas*. Obtenido de Real Academia Española: <https://www.rae.es/dpd/>

Roa Sánchez, L. J., & Carrillo Chaparro, D. (24 de 1 de 2020). *Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de acabados en proyectos de construcción en Bucaramanga*. Obtenido de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/21302>

Sánchez Henao, J. C. (2014). *Análisis de productividad, rendimientos y consumo de mano de obra en procesos constructivos, elemento fundamental en la fase de planeación*. Obtenido de Repositorio Institucional UNAL: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51745?show=full>

Serpell B., A. (1986). *Productividad en La Construcción*. Santiago de Chile: Revista de Ingeniería de la Construcción. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/375909137/serpell-Productividad-en-la-construccion-pdf>

Velandia Castillo, J. A. (2022). *Estudio de rendimientos y consumos de la mano de obra en actividades de cimentación en la construcción de vivienda unifamiliar en el municipio de Tame, departamento de Arauca*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82694>