

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y/O PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SU
ÁREA METROPOLITANA: ETAPA DE ESTRUCTURAS**

PAOLA ANDREA MOLINA FONSECA

CRISTIAN MAURICIO PÁEZ SARMIENTO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y/O PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SU
ÁREA METROPOLITANA: ETAPA DE ESTRUCTURAS**

PAOLA ANDREA MOLINA FONSECA

CRISTIAN MAURICIO PÁEZ SARMIENTO

**Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingenieros Civiles**

Director:

MARGARETH INDIRA VIECCO MARQUEZ

Msc Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2013

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, 2013

DEDICATORIA

A Dios, por sus infinitas bendiciones entre ellas mi familia y este gran logro. A mi madre Cenaida Fonseca la mejor del mundo, por su amor incondicional por toda la paciencia y sacrificios que ha hecho por mí, a mi padre José Molina por su apoyo y sustento. A mi hermano Baldemar Molina, por su apoyo incondicional por estar ahí siempre; a mis hermanas Lulú y Lourdes Molina por su compañía y cariño a lo largo de este camino. A mis sobrinos Juan Sebastián, Valentina y Margarita fuente de alegrías, mis mayores tesoros. Y a todos aquellos familiares que de una y otra forma han estado ahí acompañándome y han hecho de mi vida algo diferente.

Paola Andrea Molina Fonseca

Dedico este gran logro a Dios, porque me ha bendecido con una excelente familia, salud y en esta ocasión con la oportunidad de alcanzar mi título como ingeniero civil.

A mis padres Álvaro y Olga, por tantos sacrificios a lo largo de esta etapa son mi gran orgullo y ejemplo a seguir, por brindarme todo su amor y apoyarme incondicionalmente; ahora y siempre diré que todo lo que soy es gracias a ustedes.

A mi hermano Andrés, por su apoyo y colaboración para lograr esta meta, al igual que mi tía Gladys y Jeniffer porque han llegado a nuestra familia a llenarnos de felicidad.

Cristian Mauricio Piex Sarmiento

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por bendecirnos y permitirnos llegar hasta este importante punto de nuestras vidas, pues es él, quien nos dio la paciencia, dedicación y sabiduría para lograr esta meta.

A Margareth Viecco Márquez, por su gran apoyo, motivación e impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Un agradecimiento especial a todas aquellas empresas constructoras como Urviviendas, Marval S.A, Fénix Construcciones S.A, Mundo Inmobiliario, Constructora Mardel y otros constructores independientes, que abrieron sus puertas a la academia para lograr el desarrollo de esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. OBJETIVOS	16
1.2. JUSTIFICACIÓN	17
1.3. ALCANCE	18
2. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	19
2.1. ANTECEDENTES	19
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	23
2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN UNA ACTIVIDAD.....	27
2.3.1. MEDIO AMBIENTE FÍSICO DE TRABAJO	28
2.4. MÉTODOS DE RECOLECCION E IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGÍA.	31
2.5. EL FACTOR HUMANO EN LA CONSTRUCCIÓN.....	33
2.5.1. MANO DE OBRA	33
2.5.2. REMUNERACIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN	35
2.5.3. EL PAPEL DEL INGENIERO CIVIL EN EL CONTROL DE LAS ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCIÓN.....	39
3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	40
3.1. CONSULTA DIRIGIDA A CONSTRUCTORES DE LA REGIÓN.....	40
3.2. LOCALIZACIÓN Y POBLACIÓN OBJETIVO	40
3.3. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES	44

3.3.1.	LA LEY DE PARETO Ó REGLA DEL 80/20	44
3.3.2.	POBLACIÓN OBJETIVO.....	45
3.4.	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN	49
3.5.	REGISTRO DE INFORMACIÓN.....	49
3.6.	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO.....	50
3.7.	MODELACIÓN DE ESCENARIOS	51
4.	ANÁLISIS Y RESULTADOS	52
4.1.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE RECOLECCIÓN.....	52
4.2.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	60
4.2.1.	ENCUESTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA.....	60
4.2.2.	ESTUDIO ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	64
4.2.3.	MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN CON RESPECTO AL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA.....	65
4.3.	BASE DE DATOS.....	71
4.4.	ANÁLISIS DE REGRESIÓN	72
5.	ANÁLISIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA.....	74
6.	MODELACIÓN (HOJA DE EXCEL)	77
7.	CONCLUSIONES	78
8.	RECOMENDACIONES.....	80
9.	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución general de categorías de trabajo caso Medellín.	26
Figura 2. Área Metropolitana de Bucaramanga en Santander.....	41
Figura 3. Municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga.....	41
Figura 4. Localización de los proyectos visitados en la investigación.....	43
Figura 5. Ítem 1 de la encuesta.....	60
Figura 6. Ítem 2 de la encuesta.....	61
Figura 7. Ítem 3 de la encuesta.....	61
Figura 8. Factores propuestos por los constructores encuestados.	62
Figura 9. Ítem 4 de la encuesta.....	62
Figura 10. Ítem 5 de la encuesta.....	63
Figura 11. Correlación de los factores de afectación vs el rendimiento de la mano de obra en edificaciones.....	66
Figura 12. Rendimiento vs Experiencia en Preparación de Concreto.....	67
Figura 13. Rendimiento vs Experiencia en Armado de Acero de Refuerzo.	67
Figura 14. Rendimiento vs Experiencia en Armado de Formaleta.....	68
Figura 15. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Zapata.	68
Figura 16. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Columna.	69
Figura 17. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Muros Pantalla.....	69
Figura 18. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Placa.	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra.	26
Tabla 2. Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra	27
Tabla 3. Aportes Parafiscales	38
Tabla 4. Características de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga.....	42
Tabla 5. Estructura de desagregación de la investigación.	44
Tabla 6. Cuadro de especificaciones por actividad.	53
Tabla 7. Resumen del análisis estadístico de la investigación.	64
Tabla 8. Matriz de correlaciones entre los factores de afectación y el rendimiento.	65
Tabla 9. Base de datos.	71
Tabla 10. Ecuaciones de regresión.....	72
Tabla 11. Comparación del rendimiento variando los factores de afectación.	73
Tabla 12. Factor prestacional para el salario de un trabajador en Colombia.	75
Tabla 13. Comparación de costos.	76

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Encuesta dirigida a los constructores de Bucaramanga y su Área Metropolitana.	84
Anexo B. Formato de recolección de datos.....	85
Anexo C. Tabla de rangos e identificadores de los factores de afectación.....	86
Anexo D. Formato de información de rendimientos.	87
Anexo E. Modelación de escenarios de costos (CD que contiene archivo en Excel).	88

GLOSARIO

Actividad: Conjunto de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas por una persona o por un equipo de trabajo, con el fin de producir de forma completa y continua, con herramientas o equipos una labor dentro de un proceso constructivo.

Análisis de regresión: Permite establecer modelos ajustados expresados como ecuaciones, que describen como se relaciona el medio o esperado de una variable dependiente, con una o varias variables independientes.

Base de datos: Banco de datos que almacena información relacionada entre sí, de manera ordenada para que pueda ser consultada de forma más rápida.

Correlación: Es el grado de relación o dependencia que existe entre dos variables.

Costos de mano de obra: Valor monetario que se paga a un empleado por ejecutar una tarea o actividad determinada.

Cuadrilla: Grupo de personas, que en el sector de la construcción puede estar conformado por oficiales ayudantes y maestros dependiendo la actividad a ejecutar.

Curtosis: Es una medida de forma, la cual cuando es mayor indica que los datos se concentran cerca de la media de la distribución normal por el contrario cuando es menor muestra que la concentración de los datos se alejan de la media.

Dispersión: Indica que tan alejados esta de la tendencia central.

Distribución normal: Es una distribución continua, con un campo de variación infinita, donde muchas variables se pueden modelar con características diferentes.

Fundir: Es la acción de verter el concreto en el elemento estructural, con su armado de refuerzo y formaleta previamente realizado.

Lean construction: Filosofía de producción basada en la reducción de proceso haciendo más pequeña la estructura de producción y otras ideas, de esta forma eliminar las pérdidas.

Presupuesto: Es calcular y proyectar a mediano y largo plazo los ingresos y egresos financieros de una actividad o proyecto.

Productividad de la mano de obra: Se define como la cantidad de obra completamente ejecutada por un equipo de trabajo o cuadrilla, compuesta por uno o varios trabajadores con diferentes especialidades. Se expresa como: um/hH (unidad de medida de la actividad por hora hombre).

Programación de obra: Es la organización anticipada de tiempos y actividades de un proyecto con el fin de conocer la duración de éste.

Rendimiento de la mano de obra: Es la cantidad de recurso humano medido como horas – Hombre y que hacen parte de una cuadrilla compuesta por dos o más trabajadores con habilidades distintas, para ejecutar la cantidad unitaria de una actividad completa. Se expresa como hH / Um (horas - hombre por unidad de medida).

Sesgo: Son errores presentes en los resultados de un análisis de distribución, que se deben a los factores que dependen de la información recolectada.

Work Breakdown Structure: Estructura de desagregación de trabajo, es una organización total de un proyecto con el fin facilitar la identificación de las diferentes actividades que lo comprende, de este modo alcanzar las metas propuestas.

Población: colectivo objeto del estudio formado por un conjunto de elementos con características similares y sobre el que se pretende inferir irregularidades.

Muestra: subconjunto de la población que se investiga. Debe ser representativa del conjunto de la población.

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO:	ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y/O PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA: ETAPA DE ESTRUCTURAS
AUTOR(ES):	Cristian Mauricio Páez Sarmiento Paola Andrea Molina Fonseca
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Civil
DIRECTOR(A):	Margareth Indira Viecco Márquez

RESUMEN

Se desarrolló una base de datos de rendimiento y/o productividad que abarcó algunas de las características que afectan positiva o negativamente el trabajo como la experiencia, la supervisión, el esquema contractual, el clima, la hora y la altura en que se llevó a cabo la labor; durante la ejecución de actividades en construcción de edificaciones con sistema constructivo tradicional y enfocada específicamente en la etapa de estructura, y que son propias de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Los datos recopilados fueron analizados estadísticamente y ajustados a una distribución normal con el fin de hallar la correlación que existe entre el rendimiento (variable dependiente) y los factores de afectación (variables independientes), y permitió desarrollar un análisis de regresión lineal que conformó unas fórmulas que predicen el comportamiento de cada actividad en interacción con las características que afectan las labores y modelar escenarios reales por medio de una hoja de cálculo en Excel que muestre los costos reales de la mano de obra.

PALABRAS CLAVE:

Rendimiento, Productividad, Estructura, Factores de afectación, Base de datos

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS OF PERFORMANCE AND / OR PRODUCTIVITY LABOR CONSTRUCTION OF BUILDINGS IN BUCARAMANGA AND ITS METROPOLITAN AREA: STAGE OF STRUCTURES

AUTORS: Cristian Mauricio Páez Sarmiento
Paola Andrea Molina Fonseca

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: Margareth Indira Viecco Márquez

ABSTRACT

Developed a database performance and / or productivity that contains some of the features that positively or negatively affect the work such as know-how, supervision, contractual scheme, climate, time and height that was conducted the work, during the execution of activities in construction of buildings with traditional construction system and focused specifically on the stage of structure, and which are specific to Bucaramanga and its metropolitan area.

The collected data were statistically analyzed and adjusted to a normal distribution in order to find the correlation between performance (dependent variable) and involvement factors (independent variables), and allowed to develop a linear regression formulas formed a predicting the behavior of each activity in interaction with features that affect the work and model real scenarios using a spreadsheet in Excel that shows the actual costs of labor.

KEYWORDS:

Performance, Productivity, Structure, Influential factor, Data base

1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de un proyecto de construcción, durante la etapa de planeación se deben realizar estimativos de tiempos y costos con fines de determinar su viabilidad, técnica y economía, sin embargo, el hecho de asumir algunas condiciones ideales de trabajo y de disponibilidad de recursos, representa cambios que pueden alejar la realidad de lo planeado.

La planificación es una herramienta que sirve de referencia para desarrollar sistemas de control y administrar los recursos de una manera eficiente, dentro de un plazo establecido y cumplir con estándares de calidad; sin embargo, este proceso de planeación se ve afectado por no tener una base de datos confiable, que permita relacionar factores que influyen y comprometen directamente el presupuesto de la obra.

En Colombia existe una base de datos ajustada a las 4 ciudades principales: Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali; que es desarrollada por la revista CONSTRUDATA y la cual brinda un historial de rendimientos de mano de obra y costos de insumos en construcción de obras civiles; sin embargo, si se pretende utilizar esta información en Bucaramanga y su Área Metropolitana, es necesario contemplar en primera instancia que las labores estudiadas por la revista, tienen características físicas y ambientales propias en cada región y para lograr proyecciones acertadas no deben pasarse por alto.

En base en lo anterior, se surgió la iniciativa de desarrollar una base de datos que contenga rendimientos y productividad de la mano de obra de actividades llevadas a cabo en edificaciones del Área Metropolitana de Bucaramanga, enfocada específicamente en la etapa de construcción de estructura, adaptada a las características físicas y ambientales de la zona, que incidieron en el rendimiento del personal.

En este estudio, se identificaron los ítems o actividades más representativas económicamente en la estructura de desagregación del trabajo de un proyecto de construcción, para diseñar una metodología que permita la recolección de información, organizando los datos obtenidos, para su posterior análisis estadístico descriptivo e inferencial.

Se analizan distintos factores que impactan la productividad del personal, tomando como punto de partida los siguientes interrogantes: - ¿Qué tan acertada sería una planeación de costos y tiempos de un proyecto en particular realizada con información de productividad y mano de obra ajustada a una zona distinta a la de su ubicación?, ¿En Bucaramanga y su Área Metropolitana existe alguna base de datos de tiempos y costos para ser utilizada en la planeación de un proyecto de construcción ajustada a la región?, ¿Una base de datos ajustada a las características del Área Metropolitana de Bucaramanga, puede optimizar el rendimiento y la productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones de la región?

1.1.OBJETIVOS

Objetivo General:

Realizar un análisis de rendimiento y/o productividad de la mano de obra en la construcción de edificaciones en la ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana, específicamente en la etapa de estructuras, con fines de consolidar una base de datos ajustada a las condiciones propias de la región.

Objetivos Específicos:

- Diseñar una metodología para la recopilación y análisis de la información de rendimiento y productividad de la mano de obra ajustada al objeto de estudio e implementarla en la medición directa en campo.
- Crear una base de datos de rendimientos y productividad de la mano de obra en edificaciones con sistema constructivo tradicional, con datos reales y costos actuales, ajustada a Bucaramanga y su Área Metropolitana.
- Realizar una modelación de distintos escenarios que impactan el rendimiento y la productividad de la mano de obra, involucrando variables asociadas al mismo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El gremio de la construcción es un sector que exige dinamismo en todos los procesos pertinentes a su adecuación y buen funcionamiento. Se puede aseverar que este sector mueve de manera significativa el aspecto económico toda vez que de él depende una de las necesidades básicas como lo es la vivienda sin dejar a un lado el andamiaje inmobiliario del cual dependen múltiples sectores, entre ellos la mano de obra calificada dentro de los cuales están los ingenieros arquitectos; y los no calificados como lo son los obreros y ayudantes de obra que constituyen la fuerza productiva básica de la economía; sin embargo, este sector económico también depende del precios de sus productos básicos tales como el ladrillo, el cemento y acero; sin discriminar la mano de obra requerida para la construcción de obras civiles. De las primeras tres variables se han ocupado muchas entidades educativas y gubernamentales (SENA, CAMACOL, etc.) y estadísticas (DANE), de explorar sus características como, si aumenta alguna de ellas lo harán las demás variables correlacionadas, más aun, poco se ha hablado del aumento de los costos relacionados con la mano de obra y el factor humano, tan importante como indispensable.

No se puede constatar que de un solo cálculo de regla de tres inversa se hallen tiempos y costos a partir de variables dadas para tener una base de datos sólida y confiable, esto podría inducir a errores bastante significativos como alejar la realidad de lo proyectado; tampoco datos sobre rendimientos y productividades recopilados en otras ciudades del país sean los más idóneos para comparar y planear proyectos realizados en Bucaramanga y su Área Metropolitana; la medición de rendimiento y productividad para la creación de bases de datos; debe contemplar las características físicas, ambientales y socio-económicas propias del lugar de estudio, debido a que son éstas las que interactúan positiva o negativamente en el desempeño del recurso humano, influyendo directamente en el costo de la mano de obra y el proyecto en general.

1.3. ALCANCE

El estudio es punto de partida de la creación de una completa base de datos de rendimientos de mano de obra en la construcción para Bucaramanga y su Área Metropolitana, que se encuentra en desarrollo a cargo de la Ingeniera Margareth Viecco en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.

Para el desarrollo de esta investigación se tomó específicamente el capítulo de estructuras, debido a que para analizar todos y cada uno de los sectores o capítulos como: mampostería, acabados, redes hidráulicas, redes eléctricas, entre otros; en detalle y que acontecen simultáneamente durante la ejecución de un proyecto de edificación, llega a ser una labor ardua y tediosa que requiere de más tiempo y mayor fuerza de trabajo.

Las actividades objeto de estudio, fueron las más representativas económicamente dentro del presupuesto, en la fase de construcción de la estructura de edificaciones con sistema constructivo tradicional y se almacenaban en un formato de registro que permitió observar las características de cada labor como: los factores de afectación, la cantidad de personal que intervino en cada labor y la magnitud en la unidad de medida respectiva.

Durante el análisis de los datos recopilados, se debió unificar las cuadrillas de trabajo que estaban conformadas por 1 oficial y 2 ayudantes, por lo tanto, por medio de una interpolación de valores se lleva a la cuadrilla unificada el registro real (tomado en campo) para así, encontrar las medidas de tendencia central con datos totalmente comparables.

Finalmente se ejecutaron una serie de análisis estadísticos descriptivos e inferenciales, que en el desarrollo del tema se explican detalladamente y que permitieron encontrar fórmulas que describen el comportamiento del rendimiento de la actividad cuando actúan los factores de afectación y que sirva para modelar escenarios reales en edificaciones dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga.

2. PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1. ANTECEDENTES

A finales del año 2002, el arquitecto Luis Fernando Botero publicó un artículo como resultado de una investigación acerca del *“Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción”* de proyectos de vivienda de interés social en mampostería estructural, la cual permitió la conformación de una base de datos de mano de obra, teniendo en cuenta los factores que inciden en dichos rendimientos. Como aplicación de lo anterior, generó un software que permite predecir el consumo de mano de obra, a partir de los factores de afectación. Como cierre se menciona que debe existir trabajo en conjunto entre el sector académico y el productivo para mejorar la competitividad del sector de la construcción en nuestro país.¹

En el año 2005 *Construdata*, una empresa desarrolladora de sistemas empresariales de alto rendimiento, realiza encuestas en las cuatro ciudades principales del país las cuales son: Bogotá, Cali, Barranquilla y Medellín, con el fin de almacenar una base de datos con los costos de la mano de obra en las diferentes actividades del sector de la construcción, historial que sirve como punto de comparación para la presente investigación.

Por otro lado en el año 2007, la facultad de Ingenierías Físico Mecánicas de la Universidad Industrial de Santander publicó una investigación adelantada por los Ingenieros Civiles, Msc Guillermo Mejía Aguilar y Triny Carolina Hernández, acerca del *“Seguimiento a la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra”*. El fin de esta 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, para implementar herramientas metodológicas que ayuden a mejorar los procesos de gestión en obra.²

¹ BOTERO, Luis. Análisis de rendimiento y consumos de la mano de obra en actividades de construcción. En: Revista Universidad EAFIT. N° 128. (Octubre. Noviembre. Diciembre. 2002).

² HERNANDEZ, Triny Carolina. Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimiento de mano de obra. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, (2007).

En el 2008, en la Universidad Pontificia Bolivariana se llevó a cabo un trabajo de investigación basado en la *"Elaboración de una base de datos de rendimiento para la programación y presupuesto de edificaciones en Bucaramanga y su Área Metropolitana"* a cargo del Ingeniero Civil Sergio Andrés Suarez, este contó con la colaboración de la empresa Inrale Ltda, quien suministró los registros de actividades en obra, de dos proyectos en Bucaramanga, los cuales fueron los objetos de estudio. Al cierre de esta investigación se concluyó que los resultados obtenidos no son recomendables, pues no son confiables y llegarían a arrojar presupuestos lejanos de la realidad.³

En la ingeniería civil, los bajos índices de productividades en la construcción generan repercusiones financieras que hacen que los proyectos inicialmente favorables tiendan a fracasar. Es así como el ingeniero civil Sebastián Arango Correa, en su trabajo de investigación titulado "aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – time lapse", comenta la importancia de las herramientas tecnológicas a fin de agilizar los procesos de gestión, programación y seguimiento de las obras. "Alrededor de la industria de la construcción, se plantean mediciones de tiempo en las cuales es posible generar cuantificaciones en cuanto a la productividad, esto se conoce como diagramas de tiempo productivo en los que se diagrama la productividad de trabajo medida en unidades de Hora – Hombre vs tiempo." Con esta investigación se reitera la necesidad de crear instrumentos de control que permitan registrar los aspectos que inciden en la productividad en las obras de ingeniería y la constitución de bases de datos⁴.

En 2009 Sincelejo, Sucre, los ingenieros civiles David Francisco Martínez y Carlos Andrés Valeta en su tesis de grado, trabajaron en el *"Análisis de la productividad y rendimiento de la mano de obra en la construcción de edificaciones de uso residencial en concreto reforzado"*, donde se tiene en cuenta variaciones dependientes de la zona de estudio. Esta investigación dejó una herramienta computacional que sirve para calcular

³ SUAREZ, Sergio Andrés. *Elaboración de una base de datos de rendimiento para la programación y presupuesto de edificaciones en Bucaramanga y su Área Metropolitana*. Trabajo de grado ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (2008).

⁴ UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. *Aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – Time Lapse*. Bogotá: Arango, Sebastián. 2006.

productividad y costo de la mano de obra generado por una cuadrilla o equipo de trabajo en el municipio de Sincelejo Sucre.⁵

Por otro lado en Septiembre del 2009, la Ingeniera Lina Maritza Polanco Sánchez trabajó en el "*Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de construcción- estudio de caso edificio J de la UPB*", para su proyecto de grado, en este se hallaron los rendimientos de mano de obra de las actividades estudiadas durante la ejecución del edificio J- UPB. Este trabajo de grado se implementó una manera de estandarizar el rendimiento de las cuadrillas bajo el criterio de que siempre el oficial era quien marcaba el ritmo de trabajo y por más ayudantes que actuaran en la labor el tiempo de ejecución se disminuiría en un máximo del 30 %, también se analizaron las actividades durante el proceso constructivo del edificio J mediante la toma de tiempos en las etapas de mampostería y estructura, lo cual recomienda unas características en el personal calificado y no calificado para tener en cuenta al momento de contratar y finalmente propone tener en cuenta la programación de la obra como apoyo a la mejora de los altos rendimientos encontrados en el personal.⁶

En la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, en el año 2010 se presentó un trabajo de investigación titulado "*Planeación e implementación de la filosofía LEAN CONSTRUCTION en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema LAST PLANNER en un proyecto constructivo de la empresa MARVAL S.A*", el cual tuvo como finalidad implementar estrategias organizacionales que permitieran incrementar el nivel de productividad en dicha empresa y posteriormente le permitieran obtener un mayor grado de competitividad. Se inició una metodología llamada construcción sin pérdidas que se basa en dos filosofías: Construcción sin pérdidas cuyo fin es determinar los tiempos productivos y contributivos y establecer estrategias de acción para eliminar tiempos no contributivos de los procesos de construcción; la segunda estrategia se denomina El ultimo Planificador, cuyo objetivo es llevar un control y seguimiento de las actividades de

⁵ MARTINEZ, David Francisco y VALETA, Carlos Andrés. 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. Trabajo de grado ingeniería civil. Sincelejo: Universidad de Sucre. Facultad de ingenierías. (2009).

⁶ POLANCO SÁNCHEZ, Lina Marithza. Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de construcción- estudio de caso edificio J de la UPB. Trabajo de grado ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (Septiembre 2009).

obra a corto y mediano plazo con el objetivo de evitar futuros retrasos en la programación a largo plazo de la obra. Posteriormente se analizaron las actividades constructivas más representativas del proyecto a partir de la medición de tiempos en el análisis de pérdidas, además de lo anterior se realiza el seguimiento y control de actividades a partir de la planificación semanal del contratista.⁷

La ingeniera María Aguirregoitia Moro, en Junio de 2011, desarrolló unos métodos de trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación, cuyo objetivo principal fue conocer el tiempo necesario para ejecutar actividades específicas desarrolladas durante la ejecución de un proyecto de edificación.⁸

La revista Ingeniería de Construcción, en su edición de agosto de 2012 publica un artículo “Mejoramiento de procesos constructivos a partir de un módulo programable para captura de imágenes y simulación digital” la cual describe una propuesta para generar estimaciones en el valor de proyectos de construcción, por medio de tecnologías digitales que permiten hacer una reingeniería de procesos constructivos a través de la implementación de la filosofía Lean Construction y la simulación digital. Se presentó el diseño y desarrollo de un módulo programable y autónomo para captura de imágenes digitales de procesos constructivos. Se incluyeron equipos de hardware y componentes electrónicos como cámaras fotográficas, cámaras de video, tarjetas electrónicas, computadores, paneles solares, plataforma web y sistemas de comunicación; controlados a través de un software diseñado específicamente para este fin, que facilitaron el control de equipos y componentes. Este sistema apoyó la toma de decisiones respecto a métodos constructivos y recursos involucrados, con el fin de minimizar el costo y aumentar los rendimientos. El documento incluye el análisis de la información obtenida, la caracterización de procesos constructivos utilizando videos Time-Lapse y la realización de un modelo de simulación digital del proceso constructivo. Los resultados obtenidos, permiten reducir tiempos de ciclo y dar un mejor uso a los recursos, representando ahorro

⁷ ARAQUE GONZÁLES, Gustavo Andrés. Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A. Trabajo de grado ingeniería industrial. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (2010).

⁸ AGUIRREGOITIA MORO, María. Métodos de trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación. Tesis de Máster en ingeniería civil. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, (Junio 2011).

de recursos para el proyecto (revista ingeniería de construcción. Este trabajo se realiza en un proyecto de edificación en la ciudad de Bogotá, Colombia)⁹.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La industrialización en la construcción que en aras de optimizar los recursos dentro de una obra, hace necesario tener un estimado global antes de iniciar una obra, un valor muy acertado de cuánto costará realizar cada tarea, cuanto pagar a un trabajador por ejecutar una actividad específica y lograr un desempeño satisfactorio, llevar un control de tiempos, maquinaria, materiales y por supuesto la calidad del trabajo.

La filosofía administrativa aplicada a la construcción, se puede describir como el aumento de la productividad por medio de la calidad¹⁰, y el recurso humano, siendo fundamental e todas las actividades, es quien requiere mayor dedicación de estudio. Su comportamiento y necesidades dentro de un entorno como, características de esfuerzo físico, aptitudes y actitudes para el trabajo y junto a la capacitación que tenga el obrero, interactúen con el ambiente y desarrollan el entorno más propicio de trabajo.

Para conocer mejor ese recurso humano, sus características y los factores que afectan su desempeño, se asocian conceptos referentes a la productividad y el rendimiento de la mano de obra, dichas terminologías son:

Productividad: Es la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado, definida por Serpell¹¹, también se toma como la relación en lo necesario para producir algo y los recursos que se utilizan en ello.

⁹ GÓMEZ Adriana, ECHEVERRY Juan, GIRALDO María, OTALORA Camilo, CANO Martha. Mejoramiento de procesos constructivos a partir de un modulo programable para captura de imágenes y simulación digital. EN: Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Vol. 27. No. 8, (Abril, 2012) <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732012000200003&script=sci_arttext> [citado en 27 de Diciembre de 2012].

¹⁰ GUTIÉRREZ, Mario. Introducción. EN: Administrar para la calidad. 2ª Ed. México D.F: Limusa Noriega Editores, 1989. P19.

¹¹ SERPELL, Alfredo. Conceptos de productividad en la construcción. EN: Administración de Operaciones de Construcción. 2ª Ed. México D.F: Alfaomega, 2000. p29.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\textit{Producido}}{\textit{recursos}}$$

Colombia en comparación con otros países, en especial los asiáticos, tiene una productividad menor debido a que la inversión y desarrollo en tecnología de los diferentes sectores productivos en el país es lenta, en estos países la productividad en un factor importante para el crecimiento económico y se preocupan por la calidad de su fuerza laboral brindando oportunidades de acceso a la educación y capacitación para mejorar sus condiciones.¹²

En la industria de la construcción además de la productividad se debe tener en cuenta la competitividad, esto además va de la mano de una buena optimización de los procesos inmiscuidos que desembocarán en un cliente satisfecho. Lo anterior se puede asociar también a la buena prestación de servicios de la construcción y al mejoramiento continuo de las actividades que involucran, además del talento humano la utilización eficaz de los recursos y la innovación de procesos aplicados.

La productividad está sujeta a las demandas de una sociedad dinámica que exige innovación, así mismo, estas innovaciones traen consigo nuevas actividades atractivas para los empleados de la construcción, tal vez por ser más rentables y que demandan menor esfuerzo físico e intelectual y que, debido a una “incultura” del facilismo y del dinero express, los obreros desertan fácilmente y se ve afectada la continuidad de un proyecto iniciado y consecuentemente la productividad de la obra. Es por esto que se debe replantear la forma en que se llevan los procesos en un proyecto, realizando una planeación idónea y que sea liderada de forma efectiva por un sujeto, y que de la mano de sus subalternos, conozca a fondo las causas que entorpecen el factor productivo de una obra.

Mano de obra: Es un recurso activo que tiene una incidencia directa sobre el tiempo de duración del proceso y su producción indica que cantidad de trabajo puede realizar un hombre o un equipo de trabajo o cuadrilla en un determinado periodo de tiempo.

¹² AGUILAR MEJÍA, Guillermo y HERNANDEZ, Triny Carolina. Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimiento de mano de obra. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, (2007).

$$\text{Productividad de la mano de obra} = \frac{\text{Producido}}{\text{Hora Obrero}}$$

Rendimiento de mano de obra: Se define como la cantidad de recurso humano en horas-hombre, que se emplea por una cuadrilla compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad, para ejecutar completamente la cantidad unitaria de alguna actividad.¹³ Se expresa como (hH/um).

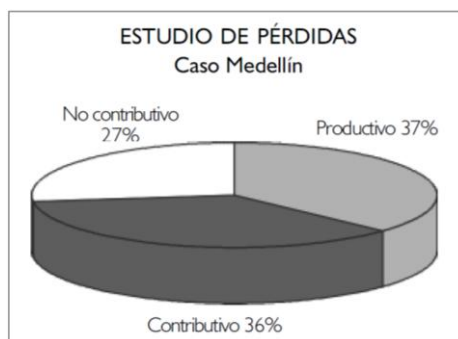
Tipos de trabajo: Para la realización de un trabajo se toman en cuenta algunos elementos básicos como: el personal (habilidades y capacidades), materiales para la ejecución del trabajo, ubicación de la obra, herramientas y equipos, información técnica y de gestión. La combinación de estos factores crea:

1. Trabajo no contributivo o no productivo: Corresponde a los lapsos de tiempo que el trabajador no realiza ninguna actividad que aporte, como caminar con las manos vacías o esperar a que le lleguen los materiales.
2. Trabajo contributivo: Es aquel trabajo que apoyo la labor a desempeñar, como leer planos retirar y ordenar materiales, descargar o limpiar.
3. Trabajo productivo: Es el que aporta en forma directa a la producción, es la realización de la actividad, armar acero, colocación de mampuestos, etc.

Y si se entra a comparar estas clases de trabajo en los distintos tipos de obra, se encontrarán diferencias, que tal vez no sean representativas en la realidad y varíen ya que pueden ser limitadas a la zona de estudio. En la primera gráfica se muestra un ejemplo de los resultados en estudios de pérdidas para el caso colombiano (Ver Figura 1).

¹³ BOTERO, Luis. Análisis de rendimiento y consumos de la mano de obra en actividades de construcción. En: Revista Universidad EAFIT. N° 128. (Octubre. Noviembre. Diciembre. 2002).

Figura 1. Distribución general de categorías de trabajo caso Medellín.



Fuente: BOTERO, Luis. Identificación de Pérdidas en el Proceso Constructivo de la Construcción En: Revista Universidad EAFIT N° 130, 2003.

Eficacia: Es la capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

Eficiencia: Es la capacidad de disponer y utilizar los recursos para una mayor producción con la menor cantidad de insumos, generando el máximo rendimiento en la actividad. Una actividad se puede ejecutar utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos.

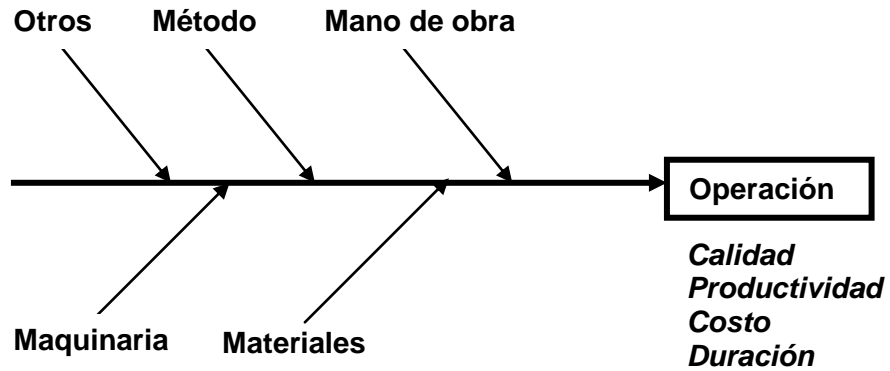
De acuerdo a la propuesta de John S. Page en su libro “Estimator’s General Construction Man-hour Manual”, existen unos rangos de clasificación para la eficiencia en la productividad de la mano de obra. En la tabla 1 se muestra como hay amplios niveles que van desde muy bajo 0% hasta la máxima eficiencia teórica posible.

Tabla 1. Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra.

EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD	RANGO
Muy baja	10% - 40%
Baja	41% - 60%
Normal (promedio)	61% - 80%
Muy buena	81% - 90%
Excelente	91% - 100%

Fuente: Estimator’s general construction man-hour manual, John S. Page. Citado por: Botero B. Luis F., En: Revista Universidad EAFIT N° 128, 2002.

2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN UNA ACTIVIDAD



Fuente: SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción, figura 4.5 Relación entre factores y objetivos de una operación.

El rendimiento y la productividad de cualquier obra de construcción son piezas claves para alcanzar las metas proyectadas de éste y de la misma forma obtener resultados con gran éxito. Estos pueden variar por diversas condiciones que convergen en factores, que pueden influir positivamente o por el contrario que sus efectos sean negativos. La tabla 2 señala algunos de estos factores, que a la hora de analizar el entorno del trabajo mejoran o no la producción de la mano de obra de una actividad.

Tabla 2. Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra

1 Economía general
2 Aspectos laborales
3 Clima
4 Actividad
5 Equipamiento
6 Supervisión
7 Trabajador

Fuente: Estimator's general construction man-hour manual, John S. Page. Adaptación de los Ingenieros Antonio Cano R y Gustavo Duque V, a nuestro medio.

Se conocen múltiples factores que impactan positiva o negativamente la productividad en la construcción, es importante entonces detectarlos y corregirlos a tiempo para evitar traumas durante el desarrollo de la obra y disminuir las consecuencias conexas y futuras. Esto puede apreciarse si se tiene en cuenta los elementos que inciden no sólo a quien

desempeña el trabajo básico, sino también los que afectan a clientes, dueños, proyectistas y proveedores.

2.3.1. MEDIO AMBIENTE FÍSICO DE TRABAJO

Son factores del medio ambiente de trabajo que aparecen de la misma forma o modificada por el proceso de producción que puede repercutir positiva o negativamente en la salud, y en el rendimiento de cualquier trabajo. Según el manual de prevención de riesgos laborales, de la Unión General de Trabajadores de España algunos factores son:

- ***Ruido***

Las personas sometidas a altos niveles de ruido; aparte de sufrir pérdidas de su capacidad auditiva pueden llegar a la sordera, acusan una fatiga nerviosa como el origen de una disminución de la eficiencia humana tanto en el trabajo intelectual como en el manual.

- ***Condiciones Termo-higrométricas***

Son las condiciones físicas ambientales de temperatura, humedad y ventilación en las que se desarrolla una actividad. Unas malas condiciones termo higrométricas pueden ocasionar efectos negativos en la salud que variarán en función de las características de cada persona y su capacidad de aclimatación, así podemos encontrar resfriados, deshidratación, golpes de calor y, aumento de la fatiga lo que puede incidir en la aparición de accidentes así como su reducción de la capacidad y rendimiento en el trabajo.

- ***El Clima***

Cuando se habla de condiciones climáticas óptimas se quiere referir a la confortabilidad del lugar, el grado de confort climático (térmico), no solo está dado por las magnitudes climáticas básicas o de la temperatura efectiva, sino también por la tarea, forma con que se lleva a cabo y la vestimenta.

La confortabilidad térmica no se puede definir con exactitud en forma individual, sino que se debe realizar en forma grupal, para poder tener precisión, la cual mayor ser cuanto mayor será el grupo de personas, ya que en forma individual se presentan considerables diferencias en la apreciación del clima.

- ***El Trabajo En Alturas***

Son aquellos trabajos ejecutados a Alturas mayores de 1.8 m en edificios, andamios, maquinas, vehículos, escaleras. También están en esta categoría los trabajos realizados en profundidad y excavaciones, pozos, etc. Estos trabajos pueden generar vértigos y mareos, razón por la cual una caída es evidente, si no se tiene en cuenta las precauciones necesarias.¹⁴

- ***La Experiencia Laboral***

Sobre la Experiencia Laboral en Agosto de 2005 La CEPAL afirma que:

Hay pocas tentativas de aproximación a la medición de la experiencia, debido a las dificultades que entraña captar mediante un indicador el conocimiento acumulado a través de las vivencias o la actividad laboral. Uno de los métodos que se utiliza para calcular este indicador es calcular el número de años que el ciudadano medio de cada país ha estado inserto en el mercado de trabajo. Sin embargo, habrá que tener cautela a la hora de interpretar los resultados obtenidos. El inconveniente estriba en que las funciones que realiza un individuo suelen cambiar a lo largo de su vida laboral. Además, los trabajos no son homogéneos, hay empleos para los cuales la experiencia es más importante que para otros y tarda más en adquirirse.¹⁵

¹⁴ Unión General de Trabajadores. Prevención de Riesgos Profesionales [en línea]. <http://www.ugt.es/campanas/condicionesdetrabajo.pdf> [citado en 21 de Diciembre de 2012].

¹⁵ Naciones Unidas. Revista de la CEPAL (Comisión económica Para América Latina y el Caribe). EN: Publicación de las Naciones Unidas. [en línea]. No 86 (Agosto, 2005). <<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/22219/G2282e.pdf>> [citado en 22 de Diciembre]. ISSN 1682-0908.

Alfredo Serpell en su libro Administración de Operaciones de Construcción presenta una clasificación según su incidencia positiva y negativamente así:

1. Factores que inciden negativamente en la productividad

- Muchas modificaciones durante la ejecución del proyecto
- Agrupamiento de trabajadores en espacios reducidos
- Falta de supervisión del trabajo
- Reasignación de la mano de obra en tarea en tarea
- Temperatura o clima adverso
- Disponibilidad limitada de mano de obra adecuada y capacitada
- Composición y tamaño inadecuado de las cuadrillas
- Hora del día y el día de la semana, que provocan variaciones en el desempeño de las personas.

2. Factores que tienden a mejorar la productividad

- Programas educacionales y de capacitación del personal
- Programas de seguridad en la obra
- Empleo de técnicas modernas de planificación
- Programas de motivación del personal
- Programación a intervalos cortos, a nivel de cuadrillas
- Uso de estudios de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajar más racionalmente.
- Buena supervisión del trabajo.¹⁶

¹⁶ SERPELL, Alfredo. Conceptos de productividad en la construcción. En: Administración de Operaciones de Construcción. 2^a Ed. México D.F: Alfaomega, 2000. P 40, 41,42.

2.4. MÉTODOS DE RECOLECCION E IMPLEMENTACION DE UNA METODOLOGÍA.

Método de estudio de tiempos:

Se busca establecer una técnica para la toma de datos, partiendo de que todo lo que se mide es comparable y permite optimizar los procesos necesarios para desarrollar la actividad.

“La Medición del Trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida”¹⁷.

Para determinar cómo recopilar e identificar las características de cada una actividades que conforman la investigación, fue necesario realizar una lectura amplia y extensa del tema de rendimientos, seguimientos y métodos de recolección de datos de mano de obra en la industria de la construcción.

Este es el caso de la investigación desarrollada por la Magister María Aguirregoitia en el año 2011, donde desarrolló un método de análisis del trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación, con el fin de conocer el tiempo necesario para llevar a cabo 3 actividades específicas; sin embargo aclara que el procedimiento se puede repetir para cualquier actividad que se desee estudiar.

Aguirregoitia describe tres etapas para el proceso de análisis de métodos, los cuales son:

- 1) **Escoger el trabajo que se quiere estudiar.** Para poder desarrollar el trabajo de forma estructurada, y sin sobrepasar un volumen de trabajo que no se pueda abordar, se deben establecer cuáles son las actividades que se van a estudiar. No es posible analizar todas las fases que componen el proceso edificatorio, por lo que hay que centrarse en determinados trabajos.
- 2) **Analizar este trabajo en todos sus detalles.** En esta etapa se observan distintos aspectos de la actividad que se va a estudiar. Hay muchos aspectos que influyen

¹⁷ AGUIRREGOITIA MORO, María. Métodos de trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación. Tesis de Máster en ingeniería civil. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, (Junio 2011). p. 12.

directamente en el tiempo que posteriormente mediremos. Algunos de ellos son, por ejemplo, las técnicas empleadas para desarrollar el trabajo, herramientas, movimientos humanos (con gran esfuerzo físico, malas posturas, mal manejo de maquinaria...), que varían según la actividad que se estudie, y también en función de la empresa que desarrolle el trabajo (puede contar con más o menos recursos).

- 3) **Diagrama del flujo del proceso.** Para obtener un estudio profundo, hay que descomponer el proceso complejo en elementos simples. Hay que determinar, por tanto, cuáles van a ser estos elementos, que posteriormente serán sometidos a la medición del tiempo.

Observaciones del autor del método:

“La determinación del número de ciclos que es necesario observar para llegar a un valor que se ajuste a población de tiempos, se basa en planteamientos estadísticos. La media de la muestra de observaciones debe estar razonablemente cerca de la media de la población. Por tanto, se debe establecer un número de observaciones que ofrezca un nivel de confianza y margen de exactitud aceptable”.

“Debido al cambio de situaciones en el entorno de la actividad y a la falta de repetición en las actividades analizadas, el número de observaciones no puede ser fijado con anterioridad al estudio, imponiéndolo como una obligación. Este número se ajustará a las circunstancias que surjan en el análisis, dependiendo del tipo de actividad”.

“Esta situación hace que lo primordial del trabajo no sea sólo la toma de tiempos, sino el análisis de todas las condiciones que rodean a la actividad: actividades elementales, herramientas, materiales utilizados, y condición de los trabajadores que ejecutan la actividad. Tan sólo conociendo estos factores se pueden entender los resultados de la toma de tiempos, comprendiendo que si varía cualquiera de los factores analizados, el tiempo de la actividad variará también”¹⁸.

¹⁸ Ibid., p. 10.

2.5. EL FACTOR HUMANO EN LA CONSTRUCCIÓN.

2.5.1. MANO DE OBRA

En los proyectos de obras civiles participan activamente componentes técnicos y humanos los cuales constituyen una pieza fundamental para la concreción exitosa de las etapas que lo conforman.

La parte humana, dentro del andamiaje de la contratación en construcción, esta relacionada al valor otorgado a la gestión de personas, no obstante debe anteponerse su dignidad y bienestar para que con estas se mejore el desarrollo de su competencia que desemboca necesariamente en productividad y eficiencia. Estos factores permiten a la postre contar con un personal comprometidos y a su vez con cliente satisfechos, ya sea por su desempeño y desarrollo de tareas individuales o conjuntas, implementadas desde las distintas instancias jerárquicas, que indudablemente deben propender en el crecimiento personal, su curiosidad por aprender y porque no, de manera instintiva siempre lo mejor de ellos.

Dentro del proceso de construcción se evidencian etapas conexas con diferentes tipos de personal. Dentro de dicho ámbito se abordará principalmente el grupo encargado de la construcción del proyecto, específicamente aquellos que realizan la mano de obra. Ellos son: Maestro de obra, Oficial y Ayudante. De ellos se hace la siguiente descripción.

La Real Academia de la Lengua define en su diccionario la palabra obrero como:

“Obrero, -(Del lat. Operariŭs): 2. adj. Perteneciente o relativo al trabajador. 3. Nombre masculino o femenino. Trabajador manual retribuido”.

De las anteriores definiciones se puede inferir que un obrero de construcción, que para el caso de estudio en concreto se entiende como ayudante, es aquella persona cuyo oficio principal es la realización de una tarea manual, que requiere esfuerzo físico, su labor no es calificada ni requiere de estudios especializados ni tampoco demanda tener un conocimiento pleno de oficios relacionados a la construcción de obras civiles. Su trabajo es remunerado por un jefe de obra al quien está subordinado.

Los obreros o ayudantes, por estar en la base de la pirámide jerárquica laboral, son retribuidos de acuerdo a las tareas suscritas en un contrato de mutuo acuerdo. Esto en concordancia con el código sustantivo del trabajo en su artículo 132 que enuncia: “El empleador y el trabajador pueden convenir libremente el salario en sus diversas modalidades como por unidad de tiempo, por obra, o a destajo y por tarea, etc., pero siempre respetando el salario mínimo legal o el fijado en los pactos, convenciones colectivas y fallos arbitrales”.

Al llegar a los acuerdos laborales anteriormente descritos, se puede afirmar que tanto empleador como trabajador, pueden llegar a mutuos acuerdos, aclarando que las labores expresas en el contrato, no vayan en contra de los mínimos establecidos en materia legal. Es así que se infiere, y de acuerdo a la investigación realizada en campo, el salario promedio de un obrero es un salario mínimo tasado por el Gobierno; y para el año en curso es de \$566.664, que representa un incremento del 5,8% respecto al año anterior con un plus de subsidio de transporte de \$67.800.

Oficiales:

Trabajadores que desempeñan las mismas ocupaciones a las realizadas por los obreros o ayudantes pero como auxiliares del maestro. Este personal, al no haber alcanzado plena calificación en la especialidad, pero por poseer buena experiencia en su arte tendrán a su cargo la responsabilidad de la tarea.

En cuanto a remuneración salarial, el oficial o ayudante devenga en promedio un sueldo equivalente a 1.5 salarios mínimos legales vigentes, a esto se debe agregar un plus correspondiente a los beneficios de seguridad social, y parafiscales. Esto también incluye que su nómina este compuesta por los devengados, deducciones y apropiaciones¹⁹.

Maestros de obra:

Los Maestros de Obra son profesionales auxiliares de los Ingenieros de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003, razón por la cual su ejercicio no es autónomo, sino que debe ser realizado bajo la supervisión y dirección de los Ingenieros. En tal sentido, es

¹⁹Gerencie.com. Apropiaciones de Nómina. [en línea]. <<http://www.gerencie.com/apropiaciones-de-nomina.html>> [citado 23 de Diciembre de 2012].

legal que los Maestros de Obra no sean considerados como Constructores para efectos de su inscripción en el Registro Único de Proponentes según el Decreto 4881 de 2008.

Los maestros de obras pueden ser contratados por entidades públicas o privadas para realizar en el campo de las obras civiles en forma autónoma, sin la dirección o control de un ingeniero de la respectiva especialidad debidamente matriculado, actividades manuales o técnicas u operativas tales como locaciones o actividades de construcción, de mantenimiento y conservación de carácter no estructural y en general construcciones menores que no requieran estructura resistente al uso o los eventos sísmicos²⁰.

En materia salarial, el maestro de obra devenga 2 salarios mínimos legales vigentes, incluidas también, dentro de esta remuneración, las deducciones y apropiaciones correspondientes.

2.5.2. REMUNERACIÓN DE LA MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN

Jornada laboral ordinaria:

La jornada laboral ordinaria hace referencia la jornada de trabajo pactada en el contrato de trabajo, bien sea la jornada máxima legal u otra pactada por las partes. La jornada máxima legal no siempre es la jornada laboral ordinaria, pues esta puede ser inferior a la jornada máxima.

El trabajador y la empresa pueden pactar libremente la jornada de trabajo, siempre que no se supere la jornada máxima legal que es de 8 horas al día y 48 horas a la semana, salvo algunas excepciones que abarcan solo 6 horas propias de algunas actividades en especial. De esta forma, una empresa puede acordar con sus empleados una jornada de trabajo por medio tiempo (4 horas) y esta entonces será la jornada laboral ordinaria para todos los efectos.

Las jornadas laborales las define el Código Sustantivo del Trabajo en su artículo 158:

- **Jornada ordinaria.**

²⁰ COPNIA. Doctrina y Conceptos. [en línea]. <http://www.copnia.gov.co/doctrina_y_conceptos-65/> [citado 26 de Diciembre de 2012].

La jornada ordinaria de trabajo es la que convengan las partes, o a falta de convenio, la máxima legal. El trabajo adicional se entenderá todo aquel que se excede de la jornada ordinaria, según el artículo 159 del código sustantivo del trabajo: “Trabajo suplementario o de horas extras es el que excede de la jornada ordinaria, y en todo caso el que excede de la máxima legal”.

El tiempo adicional que se labore, aun si es medio tiempo, son horas extras y se deben considerar a la hora de realizar el pago.

- **Trabajo extra**

Es el mismo trabajo suplementario y hace referencia al tiempo de trabajo adicional al acordado entre trabajador y patrono. Así por ejemplo, se pacta una jornada laboral de 6 horas y se trabajan 10 horas, cuatro de ellas serán adicionales o trabajo extra²¹. En el sector de la construcción es común que las partes pacten un trabajo por tareas, en estos casos son extra debido a que las partes han aplicado lo dispuesto por el literal de artículo del artículo 161 del código sustantivo del trabajo:

*“El empleador y el trabajador podrán acordar que la jornada semanal de cuarenta y ocho (48) horas se realice mediante jornadas diarias flexibles de trabajo, distribuidas en máximo seis días a la semana con un día de descanso obligatorio, que podrá coincidir con el domingo. En éste, el número de horas de trabajo diario podrá repartirse de manera variable durante la respectiva semana y podrá ser de mínimo cuatro (4) horas continuas y hasta diez (10) horas diarias sin lugar a ningún recargo por trabajo suplementario, cuando el número de horas de trabajo no exceda el promedio de cuarenta y ocho (48) horas semanales dentro de la jornada ordinaria de 6 a.m. a 10 pm”.*²²

Por otro lado, el artículo 168 del código sustantivo del trabajo explica que si el trabajo extra se da en la jornada diurna, el recargo será del 25%; si dicho trabajo se da en la

²¹Gerencie.com. Jornada Laboral Ordinaria. [en línea]. < <http://www.gerencie.com/jornada-laboral-ordinaria.html> > [citado 26 de Diciembre de 2012].

²²Código Sustantivo del Trabajo. *Título VI Jornada de Trabajo. Capítulo II Jornada Máxima. Artículo 161 Duración.* <http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo/codigo_sustantivo_trabajo_pr005.html> [citado en 26 de Diciembre de 2012]

jornada nocturna, el recargo será del 75%. La jornada diurna va desde las 6 de la mañana hasta las 10 de la noche, y la jornada nocturna va desde las 10 de la noche hasta las 6 de la mañana. Si el trabajo extra diurno o nocturno se da en un día dominical o festivo, el recargo que le corresponde a esos días se suma al recargo por ser trabajo extra.

- **Liquidación de las vacaciones**

Todo empleado tiene derecho a vacaciones que corresponden a 15 días hábiles de descanso remunerado por cada año trabajado. Si el empleado no alcanza a laborar la anualidad, entonces se liquidará proporcional a lo laborado en este lapso de tiempo.

La fórmula para liquidar las vacaciones es la siguiente:

$$\frac{\text{(Salario mensual básico X días trabajados)}}{720}$$

El tiempo laborado se cuenta a partir del momento en que se tomaron las últimas vacaciones y se toma como base el salario básico que se devengue al momento de iniciar su asueto y se excluyen las horas extras y los pagos recibidos por trabajo dominical y festivo como lo explica el artículo 192 del código sustantivo del trabajo. No obstante, se relaciona el artículo 168 del Código Sustantivo del Trabajo.

Para el cálculo de las vacaciones, por costumbre se ajusta al 4.17% lo que corresponde exactamente a 15 días de salario, pero se debe tener en cuenta que a la hora de pagar la vacaciones se debe pagar aproximadamente 18 días de salario, toda vez que la norma habla de 15 días hábiles de descanso, lo que por lo general significan 18 días calendario. Los domingos y festivos no son días hábiles. El sábado es día hábil solo si en la empresa se labora ese día, de lo contrario tampoco es día hábil.

- **Liquidación de recargos**

El artículo 168 del Código Sustantivo del Trabajo expresa lo siguiente:

Tasas y liquidación de recargos.

1. El trabajo nocturno, por el solo hecho de ser nocturno se remunera con un recargo del treinta y cinco por ciento (35%) sobre el valor del trabajo diurno,

con excepción del caso de la jornada de treinta y seis (36) horas semanales prevista en el artículo 20 literal c) del Código Sustantivo del Trabajo.

2. El trabajo extra diurno se remunera con un recargo del veinticinco por ciento (25%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.

3. El trabajo extra nocturno se remunera con un recargo del setenta y cinco por ciento (75%) sobre el valor del trabajo ordinario diurno.

4. Cada uno de los recargos antedichos se produce de manera exclusiva, es decir, sin acumularlo con alguno otro²³.

Algunas deducciones:

Mensualmente o quincenalmente según sea el periodo de pago acordado, la empresa debe proceder a liquidar su respectiva nómina para determinar los diferentes conceptos que adeuda al trabajador y que debe descontarle o deducirle. Para tal fin debe tenerse en cuenta, además de los adicionales como auxilio de transporte, horas extras y comisiones de acuerdo a lo tasado por la ley; todas las deducciones de nómina (Conceptos a cargo del empleado) que son: Salud (4%) y Pensión (4%). El empleador estará a cargo de la seguridad social de sus empleados en la siguiente medida:

Salud con un 8.5% del salario acordado, pensión del 12%.

Tabla 3. Aportes Parafiscales

Cajas de compensación familiar	4%
I.C.B.F.	3%
SENA	2%.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el cálculo de los Aportes parafiscales se toma el valor total de la nómina. Mensual de la empresa, excluyendo el Auxilio de transporte que no es factor salarial²⁴.

²³ Código Sustantivo del Trabajo. *Título VI Jornada de Trabajo. Capítulo II Jornada Máxima. Artículo 168 Duración.* <http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/codigo/codigo_sustantivo_trabajo_pr005.html> [citado en 27 de Diciembre de 2012]

2.5.3. EL PAPEL DEL INGENIERO CIVIL EN EL CONTROL DE LAS ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCIÓN

Es deber del ingeniero civil velar por que el proceso de producción marche acorde a los requerimientos de una obra, debe primordialmente, ejecutar un papel de administrador de labores encargadas bajo su responsabilidad ya que ellas transforman los recursos, humanos y materiales, en obras tangibles. En otras palabras se puede decir que el papel fundamental del ingeniero de obras civiles es el de administrar las operaciones que se desarrollan en un obra y todas aquellas interrelacionadas con las operaciones que ésta demande. Así pues, un administrador de las operaciones que se desarrollan en una obra se puede definir como aquel que responde por la “producción de los bienes y servicios de una organización”²⁵.

²⁴ Gerencie.com. Aportes Parafiscales. [en línea]. < <http://www.gerencie.com/aportes-parafiscales.html> > [citado 27 de Diciembre de 2012].

²⁵ SERPEL, Alfredo, Administración de operaciones en construcción, 2da edición, editorial Alfa Omega, pág. 23

3. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Con el fin de lograr los objetivos planteados, la investigación se dividió en dos etapas. La primera es de documentación y diagnóstico, aborda una encuesta a los constructores de la región, revisión bibliográfica sobre algunas investigaciones anteriores similares en la construcción, estudio de los factores incidentes en la productividad de la mano de obra en la construcción, identificación de la población objetivo y medición de tiempos por medio de un formato de recolección de información y toma de rendimientos; mientras que la segunda parte está constituida por un análisis estadístico descriptivo e inferencial de lo cosechado en la primera etapa, de una regresión y correlación de factores que inciden en la productividad de una determinada actividad.

3.1. CONSULTA DIRIGIDA A CONSTRUCTORES DE LA REGIÓN

Durante el desarrollo de la investigación general llamada: ***“Productividad y/o Rendimiento de la Mano de Obra en la Construcción en la Ciudad de Bucaramanga y su Área Metropolitana”***, liderada por la ingeniera Margareth Indira Viecco Márquez para la UPB, se realizó una encuesta con cinco (5) preguntas cerradas, dirigida a constructores y empresarios de la región con el objetivo de: conocer los antecedentes que impactan la productividad, con qué tipo de información cuentan al momento de realizar un presupuesto en la etapa de planeación del proyecto ó si en ocasiones han medido el rendimiento de sus cuadrillas, que características observan al momento de contratar el personal y si conocen algunos factores que llegarían a influir en el rendimiento del trabajador.

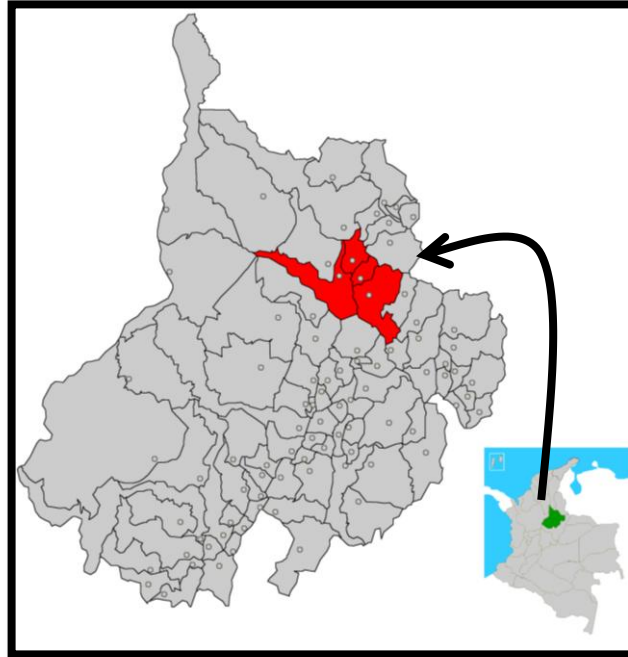
Se diagnosticó que existe la necesidad en la región de tener una base de datos actualizada, que tenga en cuenta los factores que afectan la productividad, una sistematización y compatibilidad con herramientas computacionales que permitan la modelación de un evento real. (Ver anexos A).

3.2. LOCALIZACIÓN Y POBLACIÓN OBJETIVO

El Área Metropolitana de Bucaramanga (ver figuras 2 y 3) está conformada por los municipios de Floridablanca y Piedecuesta localizados al sur y; Girón al occidente, mediante la Ordenanza No. 20 de 1981 y consta de 1479 km² de superficie, con una

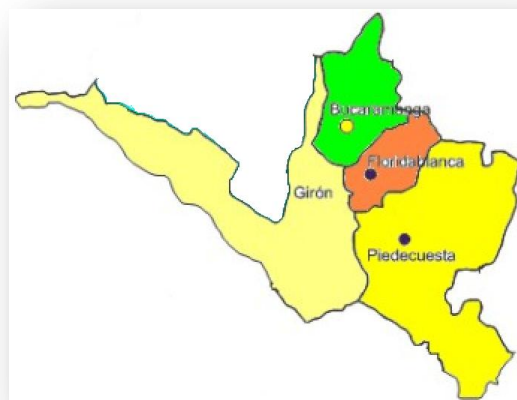
amplia variedad de climas y características geográficas distintas, en la tabla 2 se relacionan algunas características típicas de cada municipio.

Figura 2. Área Metropolitana de Bucaramanga en Santander.



Fuente: Wikipedia, La enciclopedia libre. Área Metropolitana de Bucaramanga. Versión HTML (Citado el día 15 de Noviembre de 2012). Disponible en internet: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MunsSantander-MetroBucaramanga.png>.

Figura 3. Municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga.



Fuente: COMPROMISO, Corporación para el desarrollo del oriente. Área Metropolitana de Bucaramanga. Versión HTML (Citado el día 15 de Noviembre de 2012). Disponible en internet: <http://compromiso.colnodo.apc.org/index.shtml?apc=i1--83-83->.

Tabla 4. Características de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga.

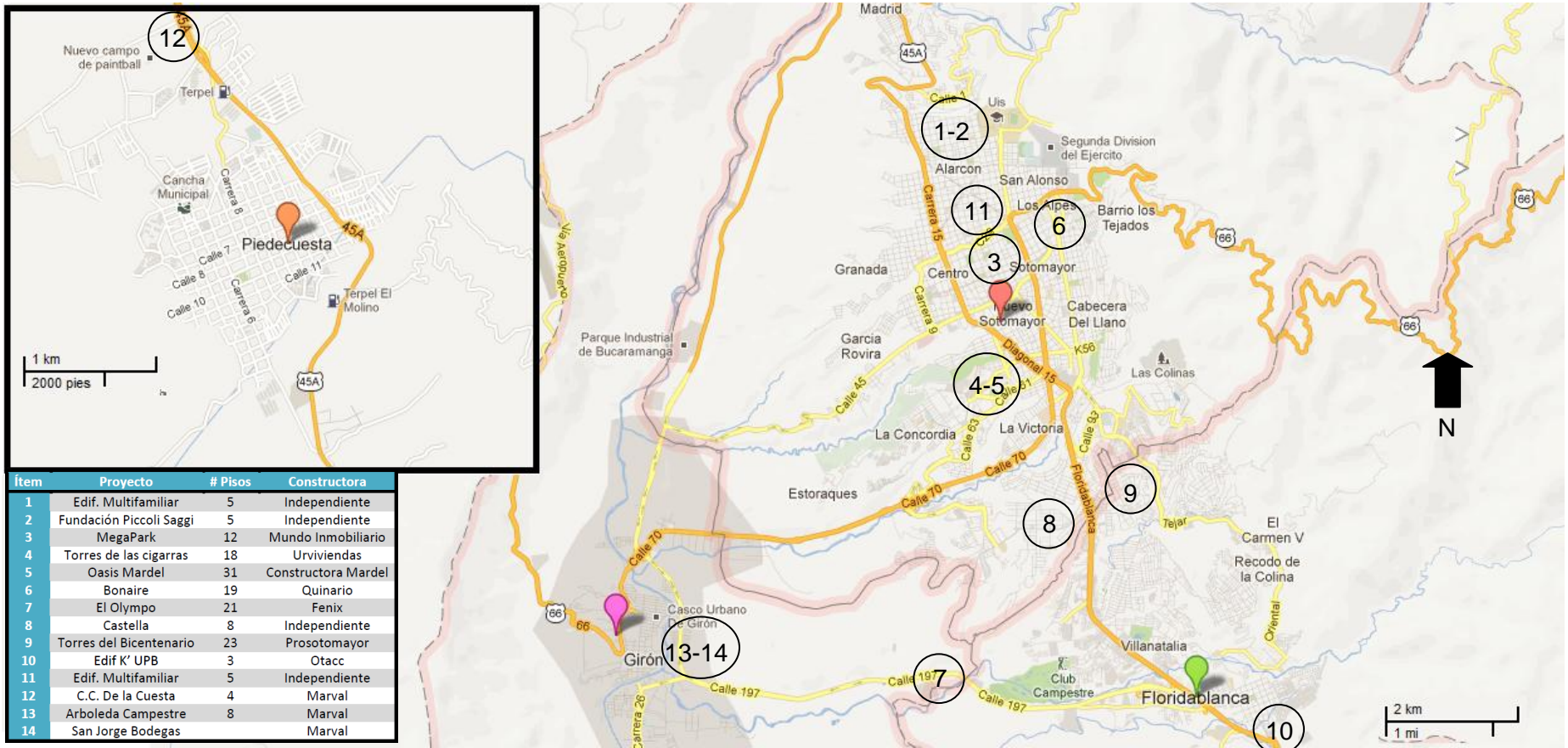
Municipio	Superficie (km²)	Altitud promedio (msnm)	Temperatura (°C)
Bucaramanga	162	959	24
Floridablanca	97	925	23
Piedecuesta	344	1005	19
Girón	475	775	28

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de contar con distancias cortas de un municipio a otro, existen distintas condiciones climáticas y ambientales que puede requerir mayor esfuerzo físico y llegar a afectar la productividad de una persona.

Por lo anterior es necesario identificar la ubicación y características de los proyectos analizados en la investigación. A continuación se relacionan la ubicación de cada uno de los proyectos visitados. Ver Figura 4.

Figura 4. Localización de los proyectos visitados en la investigación.



Fuente: Adaptado por los autores de Google Maps.

3.3. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Para el desarrollo de la investigación fue necesario identificar las actividades que tienen mayor incidencia económica dentro del presupuesto de edificaciones de sistema constructivo tradicional o sistemas constructivos combinado que cumplan con similares características, analizando la estructura de desagregación y considerando que las actividades cumplan con un cierre de ciclo completo y repetitivo. Empleando la Ley de Pareto se encontraron las actividades para objeto de estudio.

3.3.1. LA LEY DE PARETO Ó REGLA DEL 80/20

Se refiere a una ley empírica, cuyo principio se basa en que, el 20% de una serie de factores es responsable del 80% de los impactos que generan²⁶, esto aplicado al campo de la construcción y más específicamente para la realización de presupuestos equivale a decir; que el 20% de las actividades, representa el 80% del costo directo de la obra.

Según lo anterior, se aplicó la Ley de Pareto a presupuestos de edificaciones con sistema constructivo tradicional, de donde se hallaron las actividades de básicas, la cimentación y estructura, alcance para el desarrollo de la presente investigación. A continuación en la tabla 5 se observa la estructura desagregación.

Tabla 5. Estructura de desagregación de la investigación.

CAP	SUB CAP	Descripción	Unidad
1		Básicos	
	1.1	Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³
	1.2	Acero (Armado de refuerzo)	kg
	1.3	Formaleta Metálica	m ²
2		Cimentación	
	2.1	Fundida de zapata	m ³
3		Estructura	
	3.1	Fundida de Columna	m ³
	3.2	Fundida de Muro-pantalla	m ³
	3.3	Fundida de Placa	m ²

Fuente: Elaboración propia.

²⁶ HERNANDEZ, Triny Carolina. Apoyo en el estudio sobre la medición de productividad y rendimientos, consumo de materiales, mano de obra y equipos utilizados para la ejecución de actividades, basado en el análisis por precios unitarios. Práctica empresarial. ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías. (Septiembre 2007).

3.3.2. POBLACIÓN OBJETIVO

Generalmente, dependiendo del tipo de problema que se aborda y de la clase de información que se desea indagar, surgen distintos métodos para la selección de una muestra representativa o tamaño de la población objetivo. Por lo anterior, se indagó sobre posibles fuentes de información para la presente investigación:

Partiendo de la premisa que no se conocen de manera exacta cuantos proyectos dentro del Área Metropolitana de Bucaramanga se encuentran en ejecución y que no fue posible obtener información de las curadurías de cada municipio, se tuvieron en cuenta las estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para desarrollar el análisis estadístico descrito a continuación. El DANE es:

“Entre los programas que el DANE desarrolla se encuentran las estadísticas de construcción, cuyo comportamiento se venía calculando exclusivamente con los indicadores de licencias de construcción, del Índice de Costos de la Construcción de Vivienda y del consumo aparente de cemento. Sin embargo, el análisis a corto plazo de estos indicadores presentaba limitaciones al proporcionar solamente una fracción del acervo estadístico para el entendimiento de este sector.”²⁷

Según los datos del (DANE), a finales del año 2011 en el Área Metropolitana de Bucaramanga, se hallaban aproximadamente 1'608.623 m² en construcción, por lo que se contó con una población finita permitiendo obtener una muestra representativa.

Se determinó un análisis de muestreo aleatorio estratificado con base en una población finita, *“hace referencia a poblaciones con características diferentes, en las que existen estratos (grupos) homogéneos con respecto al carácter que se investiga y que, por tanto, deben ser analizados de forma diferente, ya que pueden obtenerse estimaciones más precisas (menos errores) tomando una muestra aleatoria en cada estrato y, además, se*

²⁷ DANE, < http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Censo_Edificaciones.pdf> [citado en 28 de Diciembre].

garantiza que todos los estratos estén representados²⁸; el anterior concepto se relaciona con la investigación, en la medida de que se tienen datos (DANE sólo especifica que son 1'608.623 m² en actual construcción, no que sean de edificaciones solamente) de distintos tipos de obra: casas, edificios, bodegas, etc. (lo que se refiere a estratos), y que en cada una se encontraran características distintas entre los estratos pero con similitudes entre ellos; es decir, los datos recopilados de una misma ciudad como Bucaramanga contienen diferentes tipos de obras respecto a los datos de Girón, pero en cada municipio existen obras que si obedecen a las mismas particularidades. La siguiente expresión determina como obtener una muestra representativa de una única población finita que obedece a características estratificadas:

$$n_0 = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * p * q}{\epsilon^2}$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n₀= Cantidad teórica de la muestra

n = Cantidad real de elementos de la muestra a partir de la población asumida, o de los estratos asumidos en la población.

N = Número total de elementos que conforman la población, o número de estratos totales de la población.

Z = Grado de confiabilidad de la muestra calculada DANE.

E = Error asumido en el cálculo, desde 1% hasta 10%.

q = Probabilidad de la población que NO presente las características, se refiere a una estimación de error que se asumió, con base a la confiabilidad de los datos que suministran la población total (DANE), y que no se encontró lo deseado. En el caso actual, la confiabilidad se asumió como mínima (90%) ya que la población suministrada puede no contener alrededor del 90% datos que no sean edificaciones.

p = Probabilidad de la población que presenta las características, (p = 1-q).

²⁸ APUNTES DE CLASE de Antonio Morillas, Profesor del curso Estadística Aplicada II, "Muestreo en poblaciones finitas" de la Universidad de Málaga. España, Agosto de 2007. [en línea] <<http://webpersonal.uma.es/~morillas/NOTAS.HTM>> [citado en 11 de octubre de 2012].

Por lo tanto se asumen los siguientes valores:

$$Z = 1.64 \text{ (confiabilidad del 90\%)}$$

$$E = 10\% = 0.1$$

$$q = 0.9$$

$$p = 1 - 0.9 = 0.1$$

N, equivale a la cantidad de metros cuadrados (m^2) de construcción de edificaciones por cada 1000 m^2 vigentes en el tercer trimestre de 2011, los cuales corresponden a 1609 m^2 .

Aplicando las ecuaciones de n_0 y n , se obtiene lo siguiente:

$$n_0 = (1.64/0.1)^2 \times 0.1 \times 0.9 = 24.21$$

$$n = 24.21 / [1 + (24.21 / 1609)] = 24 \text{ “Cantidad real de estratos de la muestra, encontrados a partir de la población asumida”}$$

Finalmente la muestra representativa se obtiene del producto de la cantidad real de estratos definidos por el cálculo efectuado en la población suministrada y la cantidad de m^2 que se asumieron como base unitaria para la cantidad total de población.

$$\text{Muestra} = n * 1000 \text{ m}^2 = \mathbf{23,847 \text{ m}^2}$$
 en total para ser tomados los datos.

Pero también se debe determinar, cuántas lecturas son representativas, como mínimo, en cada una de las actividades de estudio, por lo que se debe asumir de nuevo el principio de homogeneidad que manifiesta que para la toma de datos de distintas poblaciones, éstas no presentarán características diferentes, entonces, se analizará de manera aleatoria simple con base en una población infinita. Se expresa en:

$$E = Z_{(\alpha/2)} * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Donde:

E= Error asumido en el cálculo, donde 1% hasta 10%.

Z_($\alpha/2$) = Coeficiente de confianza.

σ = Desviación estándar de la muestra.

En base a que en la investigación se asumió un nivel de confianza del 90% (confiabilidad de los datos suministrados por el DANE) y que fue necesario hallar la media de las

lecturas de los datos, que corresponden al rango de $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$, y que en una distribución normal el 99.70% de los datos se encuentran en el rango de la media más o menos tres veces la desviación estándar $(\bar{x} \pm 3 * \sigma)$ y el 68.26% en el rango de la media más o menos la desviación estándar $(\bar{x} \pm \sigma)$, se considera satisfactorio el rango asumido en la investigación²⁹.

Se tomó como rango máximo $(\bar{x} \pm 1.5 * \sigma)$, que representa el 86.64% de los datos analizados y p (la probabilidad de que los datos evaluados estén dentro del intervalo considerado), para aplicar la expresión $E = Z_{(\alpha/2)} * \sigma / \sqrt{(n)}$, y despejar n.

$$n = (Z_{(\alpha/2)} * \sigma / E)^2$$

$$n = (Z_{(\alpha/2)} / E)^2 * p * q$$

Donde:

$$p = 86.64\% = 0.8664$$

$$q = 1 - 0.8664 = 0.1336$$

Los intervalos del coeficiente de confianza $Z_{(\alpha/2)} = 1.64$ quedan definidos como **-1.64** a **1.64** que junto con la distribución normal enmarcan un área de nivel de confianza de **1 - α = 0.90**.

Finalmente $n = (1.64 / 0.10)^2 * 0.8664 * 0.1336 = 31.13$, que para redondear la cifra, se puede interpretar como 30 lecturas por actividad objeto de estudio y resultan como muestra representativa.

n= 30 lecturas de rendimiento y/o productividad de mano de obra en edificaciones, por actividad.

Estas lecturas están enfocadas en actividades realizadas en edificaciones de estructura con sistema constructivo tradicional, en el Área Metropolitana de Bucaramanga y tomados por medición directa, para determinar un análisis estadístico de los rendimientos y/o productividad de la mano de obra de las actividades con mayor incidencia dentro de su estructura de desagregación (capítulo estructura), que sirva como referente para la

²⁹ MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998. P 149

estimación de presupuestos y planeación de proyectos con características similares en la región.

3.4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN

El instrumento de recolección se desarrolló a partir de la identificación de las actividades y los factores de afectación de las productividades. En éste se crearon ítems para señalar la actividad en detalle evaluada con su respectiva unidad de medida, la clasificación del equipo de trabajo que la ejecuta, el tiempo que gasta el equipo de trabajo para producir la actividad y los diferentes factores de afectación que se asumieron para la presente investigación, como lo son:

- **El clima** asumiendo un rango de calor, nublado, lluvia y tormenta, con un identificador de 1 a 4 respectivamente.
- **Hora de ejecución de la actividad** con el rango 6-8 am, 8-10 am, 10-12 pm, 2-4 pm, 4-6 pm, con identificador de 1 a 5 respectivamente.
- **Experiencia** con el rango de baja, media y alta, y un identificador de 1 a 3 respectivamente.
- **Supervisión** el rango se encuentra en baja, media y alta, y el identificador de 1 a 3 respectivamente.
- **Esquema contractual** con rango de producido y día trabajado, con identificador de 1 a 2 respectivamente.
- **Número de pisos al que se trabaja**, donde el rango 0-1 pisos, 2-5 pisos, 6-10 pisos y mayores de 10 pisos, con el identificador de 1 a 4 respectivamente. Igualmente en el instrumento de recolección existe una casilla para observaciones de la actividad. (Ver anexo B y C).

3.5. REGISTRO DE INFORMACIÓN

Debido a que en cada actividad estudiada intervenían un número distinto de trabajadores, no importaba si era dentro de la misma obra o si era en diferente proyecto; fue necesario unificar un equipo de trabajo llamado cuadrilla 1-2, que consta de un oficial y dos ayudantes, para una capacidad de trabajo de tres personas. Por ejemplo:

Si en una actividad como la fundida de una columna, participan cinco personas logrando un rendimiento de 1.25 h-H/m^3 , al convertirlos a la nueva cuadrilla unificada, se transforma a la cantidad que desarrollarían tres personas; es decir: si 5 hacen 1.25 h-H/m^3 , ¿Cuanto harían 3 personas?

Por esta razón el formato de recolección se modificó, se introdujo el rendimiento de las cuadrillas unificadas y se añadió a los factores de afectación, una convención que servirá para determinar las ecuaciones de regresión (Ver Anexo D), para facilitar su respectivo análisis estadístico.

A la hora de estudiar los datos registrados en campo en el formato anterior, se determinó que era más factible ajustar este formato para agilidad al momento de analizar y aplicar el método estadístico respectivo. En este nuevo registro de información se unificó el equipo de trabajo en cuadrillas de la forma 1-2; se agregó una casilla para el cálculo del rendimiento, y los factores de afectación no recibieron ninguna modificación.

3.6. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO

Para evaluar la información obtenida en campo, se procedió a realizar un análisis de distribución normal para cada actividad, el objetivo era encontrar el comportamiento de los datos recopilados, qué mediante el criterio de curtosis y sesgo los resultados que estén por fuera de los rangos -2 y 2 tienden a invalidar el comportamiento normal de la muestra, lo que hace necesario eliminar datos que se salgan de ese margen.³⁰

Después de ese primer filtro de análisis estadístico, se realizó un resumen con las características de tendencia central como la media, mediana, moda, curtosis, coeficiente de asimetría, desviación estándar y varianza, para que, en base a esto se elimine los datos extremos, logrando abarcar como mínimo el 86.64% de los datos recopilados ajustándolos a una distribución normal.

Una vez realizado el procedimiento anterior, se realizó un análisis de varianza el cual permite comparar las medidas de una variable dependiente o asociada a otras variables independientes, para el caso específico de esta investigación la variable dependiente es

³⁰ MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9ª ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998. P 149.

el rendimiento de la mano de obra y las independientes son los factores de afectación; con el fin de conocer si tienen una incidencia positiva o negativa dentro de la variable asociada.

Lo anterior muestra la correlación (r) que tienen los factores de afectación (variables independientes) sobre el rendimiento (variable dependiente), denotadas como de incidencia negativa los factores que se encuentren en el rango de $(-1 \leq r \leq -0.5)$ y positiva entre $(0.5 \leq r \leq 1)$, en cada actividad analizada; por lo que se desarrolló una matriz de correlaciones que define 1 para los factores que se correlacionen directamente con la productividad, -1 para los que tengan correlación inversamente proporcional y 0 para los casos que no se presenta correlación.

Finalmente, para los factores que tenían correlación con la variable en cada actividad, se efectuó una regresión lineal simple o múltiple por medio del programa Microsoft Excel, de la forma $R = b + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$, donde R es el rendimiento de la mano en hH/unidad, X_n los factores de afectación, a_n los identificadores de dichas variables y b el punto de intercepción en el eje de las ordenadas, la anterior expresión permite realizar predicciones en distintos escenarios. Para vincular la productividad se aplicaron las mismas analogías matemáticas en base a las ecuaciones planteadas.

3.7. MODELACIÓN DE ESCENARIOS

Para modelar los escenarios de costos en interacción con los factores de afectación, se halló el valor real de la mano de obra para Colombia, junto a los aportes por parte del patrón, que servirán para fijar el precio por actividad a realizar.

Luego de obtener los costos de la mano de obra, se recurrió a Microsoft Excel para crear una hoja de cálculo que pronosticar tiempos de ejecución para cada labor, el consumo de mano de obra con una cuadrilla estandarizada y finalmente le permita usuario mejorar la productividad de su cuadrilla, llevar un mejor control de la calidad y disminuir los costos del proyecto.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS


4.1. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE RECOLECCIÓN





Se desarrolló una observación de cada actividad en detalle, donde se identificaban las herramientas usadas, los materiales necesarios para la labor y la cuadrilla necesaria para así, lograr determinar en qué tiempo se lleva a cabo el trabajo productivo.








Es de gran importancia para futuras investigaciones, mejorar cada vez más los detalles observados para cada actividad, pues de ésta observación depende la calidad de la datos registrados y por consiguiente la calidad de la investigación.






En la tabla 6, se aprecian las especificaciones y detalles observados para cada actividad objeto de estudio. Que a su vez, están compuestas por otras tareas, utilización de materiales y herramientas y procedimientos descritos por las normas colombianas.








Tabla 6. Cuadro de especificaciones por actividad.

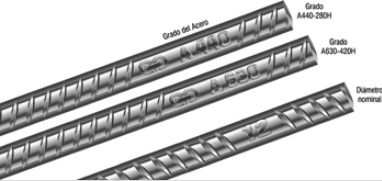


ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
FUNDIDA DE ZAPATA	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto premezclado (NTC3318)  • Bomba  • Vibrador de concreto  • Herramientas menores: Palustre (NTC846), palas, baldes. 	<p>En esta actividad intervienen ayudantes y oficiales, la cantidad de estos varía según las dimensiones del elemento, deben estar orientados por un maestro de obra.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p>Una zapata es un elemento estructural de cimentación, que tiene por función transmitir todas las cargas de la edificación al terreno. Es necesario ejecutar esta actividad, que el acero de refuerzo de la zapata se encuentre debidamente ubicado y asegurado según las indicaciones y recomendaciones del plano estructural, apoyado en formaleta metálica o de madera si lo requiere.</p> <p>Consecutivamente toda el área que comprende la zapata se limpia, luego la cuadrilla asignada inicia el vaciado del concreto con ayuda de una bomba si lo requiere.</p> <p>Al mismo tiempo se va vibrando el concreto para que este quede bien compactado y finalmente con ayuda de una regla se nivela y se verifica que queden las dimensiones que corresponden.</p> <p>Una actividad predecesora a la fundida de la zapata, puede ser el armado del refuerzo (NTC 2289) de la columna que corresponde a esa ubicación.</p> </div> <div style="width: 45%; vertical-align: top;">  </div> </div>










ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
FUNDIDA DE COLUMNA	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto premezclado (NTC 3318)  <ul style="list-style-type: none"> • Bomba  <ul style="list-style-type: none"> • Vibrador de concreto  <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas menores (NTC846): palas, baldes, martillos. 	<p>Se requiere de un mínimo de 3 personas, 2 ayudantes y un oficial.</p>	<p>Una columna es un elemento estructural que generalmente trabaja a compresión (NTC 673).</p> <p>Para poder fundir el elemento es necesario tener armado los refuerzos (NTC 2289) longitudinales y transversales de éste, del mismo modo la formaleta debe estar debidamente ajustada para que puedan dar las dimensiones y forma que requiere el elemento estructural según las especificaciones de los planos.</p>  <p>Seguido a esto, se alista el concreto (NTC 3318) que debe ser pedido con anterioridad a una concretera; debido a las dimensiones de la columna muchas veces el concreto se vierte con ayuda de baldes plásticos limpios, la cuadrilla asignada realiza los traslados del concreto verticales u horizontales según lo requiera la ubicación de la columna.</p> <p>Durante el proceso en que el concreto es vaciado se debe ir compactando con un vibrador. Además con ayuda de un martillo de goma se debe ir dando golpes a la formaleta, esto permite ir eliminando las burbujas de aire y vacíos presentes en el concreto. El concreto debe cubrir la superficie del elemento que debe quedar a nivel junto con la formaleta después de fundida de la columna. Realizar el procedimiento para un curado adecuado. <i>NSR-10 CAP.E5.</i></p>

ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
FUNDIDA DE PLACA	<ul style="list-style-type: none"> • Regla metálica con nivel  <ul style="list-style-type: none"> • Concreto premezclado (NTC 3318)  <ul style="list-style-type: none"> • Rastrillo metálico  <ul style="list-style-type: none"> • Vibrador de concreto  <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas menores: <ul style="list-style-type: none"> • Martillo  <ul style="list-style-type: none"> • Bomba  <ul style="list-style-type: none"> • Pala 	<p>En esta actividad, la cantidad de personal necesario depende de los metros cuadrados a ser vaciados, por lo general es necesario un trabajador para cada herramienta utilizada y dos personas para la manguera que vierte el concreto. También hace parte la intervención del maestro de obra.</p> <p><i>Ésta es la labor que más personal demanda.</i></p>	<p>Las placas macizas están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones (<i>NSR-10 CAP. E-5</i>). Es uno de los elementos estructurales con mayor riesgo a la hora de construir una edificación, cualquier alteración en este proceso puede ser determinante para el trabajo que ésta desempeñará posteriormente.</p> <p>Para poder empezar la fundida de una placa de entrepiso se hace necesario que el equipo de formaleta este debidamente armado, ajustado y apoyado para que puedan dar la forma y el nivel según lo exige el diseño; del mismo modo deben estar los refuerzos (NTC 2289) que llevan según el despiece del plano estructural respectivo, fijados correctamente evitando que estos pierdan la posición requerida, a la hora del vaciado del concreto. Toda la tubería correspondiente a instalaciones eléctricas e hidrosanitarias, fijadas adecuadamente en los puntos destinados para estas.</p> <p>Consecutivamente el proceso de fundida de la placa inicia, con el concreto (NTC 3318) que fue pedido con anterioridad a la planta, éste es vaciado generalmente con ayuda de una bomba que por medio de tuberías conducen el concreto a la ubicación deseada; al mismo tiempo el concreto se va vibrando y expandiendo por toda el área que comprende el elemento estructural, con ayuda de un vibrador y una regla o un rastrillo metálico, cuyo fin es que la mezcla quede con un acabado liso, sin vacíos y uniforme, rocían agua (NTC 3459) y dejan listo para el proceso de curado.</p> <p>La medición de esta actividad inicia en el momento que son transportados las herramientas al sitio de deposición del concreto; en ocasiones se requiere medir por segmentos, es decir, mientras los operadores instalan la bomba, la tubería, etc.; por lo general transcurre un tiempo mientras comienza el proceso de bombeo del concreto, debido a pruebas de presión o verificaciones que hacen los trabajadores. Por último termina la medición cuando realizan el acabado de la superficie de la placa.</p>

ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
FUNDIDA DE MURO-PANTALLA	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto premezclado (NTC 3318)  • Bomba  • Vibrador de concreto  • Martillo de goma  	<p>En la mayoría de casos se observó que participaban 2 ayudantes y 2 oficiales y la supervisión del maestro.</p>	<p>Un muro en concreto armado, es un elemento estructural con gran resistencia, donde su espesor es pequeño en comparación a sus otras dos dimensiones.</p> <p>Para poder fundir dicho elemento, el acero de refuerzo debe estar armado y fijado en la ubicación según lo estipulen las especificaciones del plano estructural. Además la formaleta o moldes metálicos deben estar debidamente armados y aplomados. Se inicia la fundida e igualmente se empieza el registro de información, en el momento en que el concreto empieza a ser bombeado que con anterioridad se solicitó a la empresa concretera, a medida que este se va vertiendo el concreto se debe ir vibrando, del mismo modo con ayuda de un martillo de goma se deben ir dando golpes a la formaleta empleada, esto para evitar los vacíos presentes en la mezcla de concreto y lograr un asentamiento adecuado.</p> <p>Cuando el concreto llegue al nivel requerido, la fundida del muro-pantalla ha terminado y por consiguiente el tiempo de la medición de los datos se para. Después de fundida la pantalla, se hace el curado respectivo y pueden seguir actividades como la fundida de otras pantallas, columnas o si es el caso la fundida de la placa del piso siguiente.</p> 

ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
PREPARACION DE CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento (NTC 121)  • Agregado Fino (NTC 174)  • Agregado Grueso (NTC 174)  • Agua (NTC 3459)  • Pala  • Mezcladora Mecánica  <p>Otras herramientas menores</p>	<p>Esta actividad se lleva a cabo con 2 oficiales que depositan los agregados a la mezcladora y los ayudantes van vertiendo la mezcla en baldes o carretillas.</p>	<p>El concreto preparado en obra, es utilizado cuando el volumen de concreto que va ser empleado para la fundida del elemento no demanda la cantidad necesaria para que el concreto pueda ser pre-mezclado (pedido a una empresa concretera).</p> <p>Para iniciar la preparación del concreto, es necesario tener listos los materiales en esta sección nombrados, y la cuadrilla asignada para realizar éste proceso esté supervisado por un profesional para conservar adecuadamente la relación agua/cemento, el contenido de cemento, la granulometría de los agregados y la consistencia de la mezcla, esto con el fin de obtener una mezcla con la resistencia óptima.</p> <p>La medición del registro de información inicia cuando el agregado grueso es vertido al trompo según la dosificación, seguido se vierte el agregado fino, estos se mezclan por un tiempo determinado según la especificación, a continuación se agrega el cemento y se deja mezclar nuevamente, por último se añade la cantidad de agua requerida mezclando nuevamente según el tiempo estipulado. Se detiene el trompo, dando por terminada la preparación de concreto en obra, de igual forma se detiene el tiempo de la medición de los datos.</p> 

ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
ACERO (ARMADO DE REFUERZO LONGITUDINAL Y TRANSEVERSAL)	<ul style="list-style-type: none"> •Acero (NTC 2289)  <ul style="list-style-type: none"> •Alambre (NTC 1907)  <ul style="list-style-type: none"> •Gancho 	<p>La cuadrilla está conformada por:</p> <p>1 Oficial 1 Ayudante</p>	<p>El acero estructural es un material conformado por aleaciones de diferentes metales, y sus dos grandes componentes como lo son el hierro y el carbono. Los aceros ofrecen alta resistencia a la tracción, por esta razón son utilizados en los elementos estructurales para que puedan soportar las cargas a que va estar sometido.</p> <p>En esta actividad el tiempo de medición inicia cuando la cuadrilla asignada toma el acero y el alambre dispuesto para el refuerzo según la actividad que corresponda (columna, zapata, muro-pantalla, placa); apoyados en un plano estructural inician la ubicación y el amarre de los refuerzos longitudinales y transversales. Se termina el conteo de tiempo cuando a lo largo de la sección transversal del elemento se encuentra todo el acero correctamente sujeto con el alambre.</p> 

ACTIVIDAD	MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	CUADRILLA	DESCRIPCIÓN
<h1 style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">FORMALETA METÁLICA</h1>	<ul style="list-style-type: none"> • Tableros  • Parales  • Cerchas  • Grapas  • Distanciadores  • Alineadores  • Tensores  • Ángulos  	<p>Generalmente se requiere de 3 personas para armar la formaleta: 1 oficial y 2 ayudantes. El maestro supervisa la nivelación.</p>	<p>Es un conjunto de elementos mano portables, ligeros y metálicos, que tienen como función moldear y encofrar o contener el concreto vertido en los elementos estructurales. Está compuesto por unidades principales como: tableros (es la superficie que da forma al concreto), parales (tubos telescópicos que dan soporte a la estructura provisional), cerchas (cumplen la función de una viga provisional que distribuye las cargas a los parales); elementos complementarios: grapas (acoplan tableros, rinconeras y tapas entre sí en las uniones), rinconeras (cubren las aristas descubiertas por los tableros), distanciadores (usados en muros pantallas para garantizar el espesor de los mismos y soportar las fuerzas ejercidas por el vaciado del concreto; van acompañados de pines para asegurarlas y corbatas facilitar su extracción), alineador (sirve para el alineamiento de muros, columnas y placas) tornillo tensor (también llamados mordazas, sirven para fijar el alineador al tablero). Existen otros accesorios que son usados en casos más específicos y son suministrados por los fabricantes.</p>  <p>En la toma de tiempo para esta actividad, se iniciaba en el momento en que la cuadrilla comenzaba a tomar los tableros y llevarlos al sitio de trabajo, luego se modula el elemento a conformar para su posterior ajuste, finalmente la medición se detiene cuando se nivela la formaleta.</p>

Fuente: Adaptada por los autores.

4.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

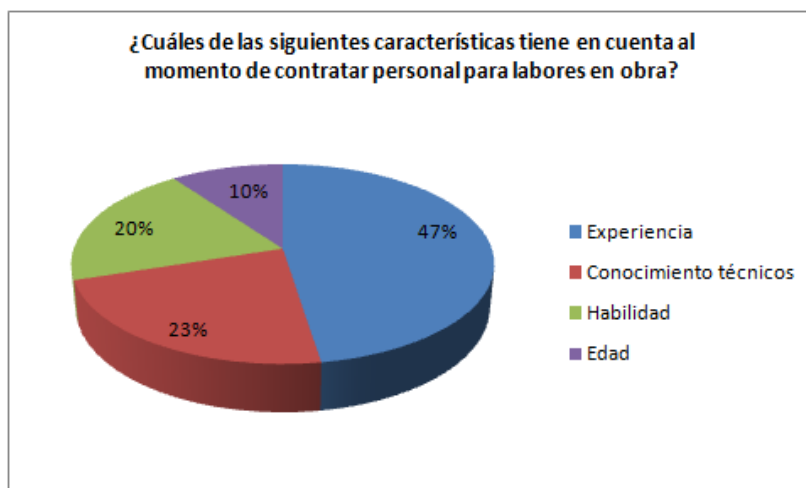
Al terminar la fase de recolección, tabulación y evaluación de los rendimientos y factores de afectación de la mano de obra en la construcción de edificaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga: Etapa estructuras, a continuación se muestran en detalle todos los resultados hallados en la investigación.

4.2.1. ENCUESTA DIRIGIDA A LOS CONSTRUCTORES DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA.

Los resultados obtenidos en la encuesta dirigida a constructores en el Área Metropolitana de Bucaramanga, se muestra a continuación.

De cada pregunta se obtuvieron los porcentajes que representan la opinión de los encuestados e ilustra cómo, en el caso del primer ítem que cuestiona cuales características tienen en cuenta al momento de contratar personal de obra. La experiencia se refiere a la capacidad de realizar la labor y que fue adquirida empíricamente, los conocimientos técnicos son aquellos que se validan en una institución educativa, la habilidad se traduce a destreza o mejor manejo de las herramientas e insumos, por último la edad que es una opción limitante al momento de contratar personal.

Figura 5. Ítem 1 de la encuesta.



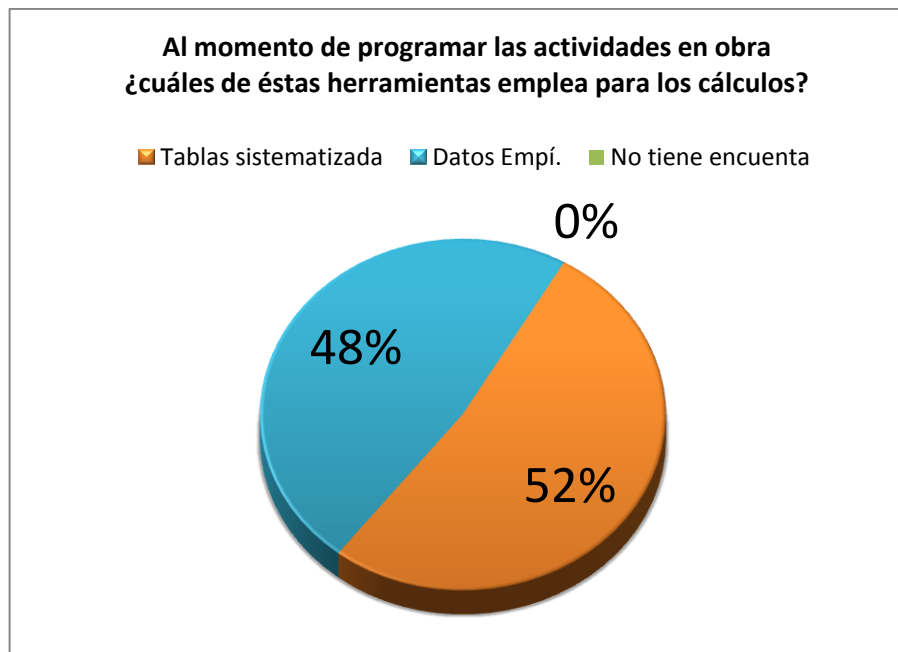
Fuente: Resultado de encuestas.

En la figura 5 se observa que el 47% de los encuestados eligieron a la experiencia como la característica que más influye al momento de contratar personal, seguido por los

conocimientos técnicos con el 23%, la habilidad con un 20% y por último la edad con el 10%.

Uno de los aspectos más importantes de la encuesta era conocer qué herramientas o recursos utilizan los constructores del Área Metropolitana de Bucaramanga al momento de programar o planear sus proyectos; en éste caso, el 52% dicen usar tablas sistematizadas de rendimientos de mano de obra, aunque la mayoría de casos desconozcan la procedencia de los datos; mientras que el 48% restante acuden a datos empíricos o a las experiencia vividas para determinar el tiempo de ejecución de las actividades. La figura 6 muestra gráficamente lo expresado.

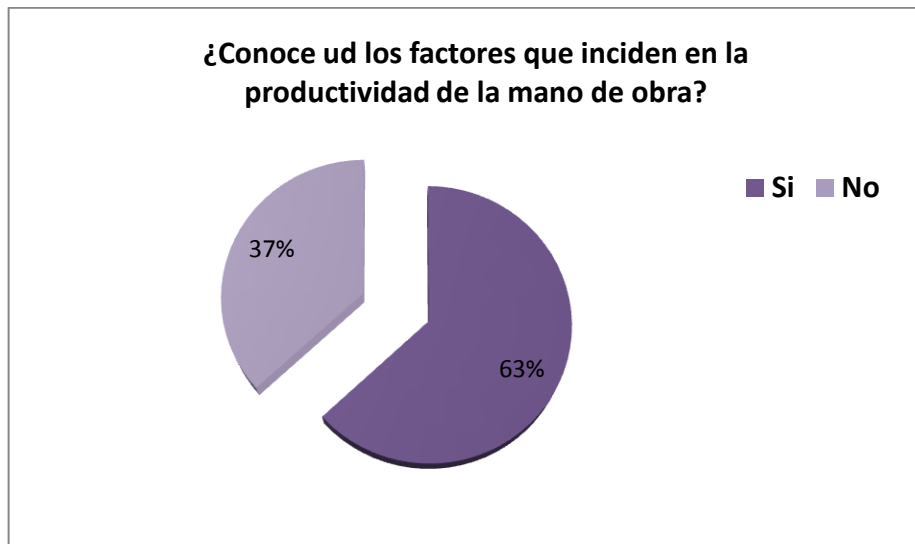
Figura 6. Ítem 2 de la encuesta.



Fuente: Resultados de la encuesta.

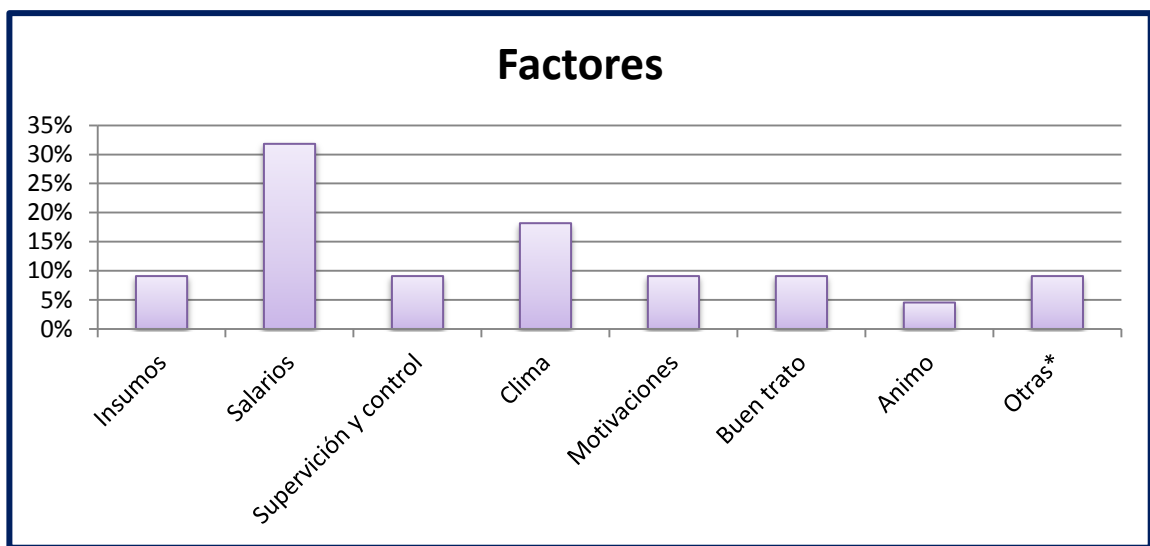
La figura 7 muestra qué porcentaje de los constructores encuestados tienen algún conocimiento o no, sobre los factores que influyen en la productividad de la mano de obra, el 63% manifestaron conocer los factores (Ver figura 8, factores propuestos por los encuestados) y el 37% restante dijeron no saber sobre algún factor.

Figura 7. Ítem 3 de la encuesta.



Fuente: Resultados de la encuesta.

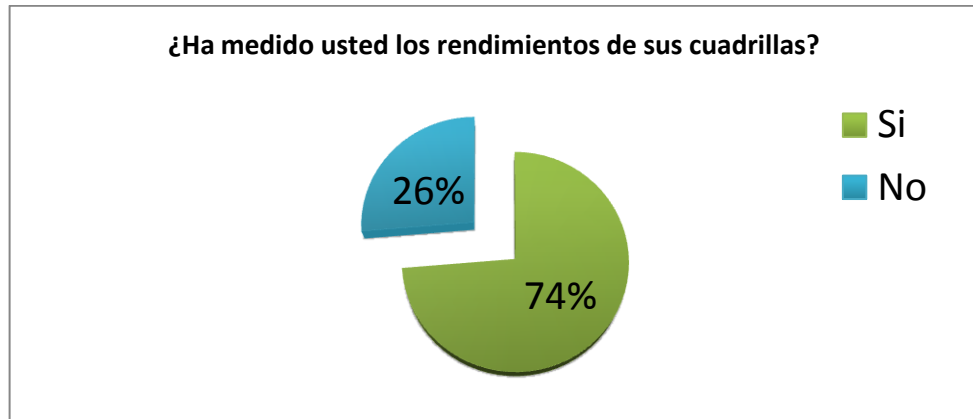
Figura 8. Factores propuestos por los constructores encuestados.



Fuente: Resultados de la encuesta.

En la figura 9 se observa un 74% de interés en medir el rendimiento de los trabajadores por parte de los constructores del Área Metropolitana de Bucaramanga, lo cual demuestra que los profesionales en la construcción podrían llegar a tener provecho de la presente investigación y que el otro 26% declara que no ha hecho nunca este tipo de mediciones con sus equipos de trabajo.

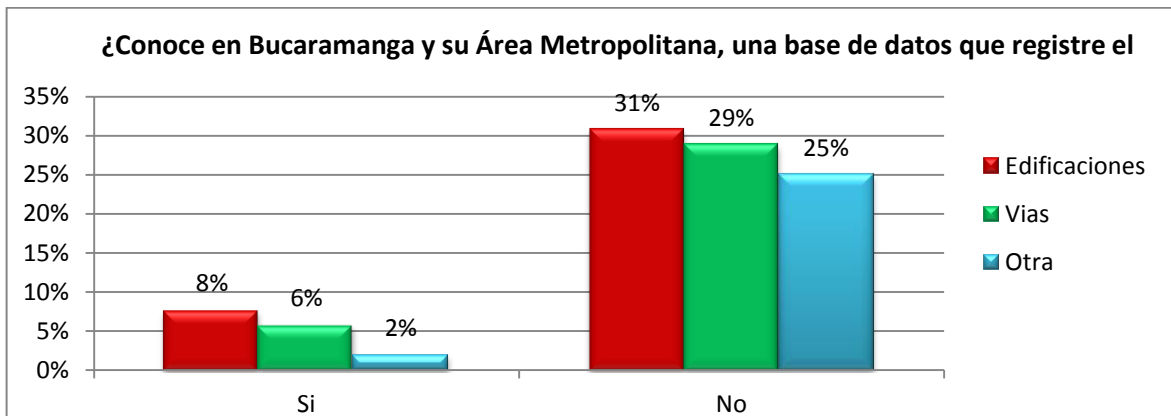
Figura 9. Ítem 4 de la encuesta.



Fuente: Resultados de la encuesta.

El desconocimiento por parte de los constructores del Área Metropolitana de Bucaramanga, acerca de la existencia de bases de datos que ayuden a determinar un presupuesto o planear un proyecto de edificación; es una muestra de la necesidad inminente de información veraz y confiable para la modelación de escenarios más reales y acordes a la características de la región.

Figura 10. Ítem 5 de la encuesta.



Fuente: Resultados de la encuesta.

La figura 10, muestra que un total del 16% de los encuestados tienen conocimiento de alguna base de datos para Bucaramanga y su Área Metropolitana, ya sea para edificaciones, vías u otros aspectos de interés; mientras que el 84% restante no está enterado de alguna referencia con credibilidad que les brinde soporte a la hora de presupuestar.

4.2.2. ESTUDIO ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

En este estudio se analizó la información recopilada en campo y posteriormente seleccionada, donde se le realizó un análisis de distribución normal a los rendimientos para conocer las tendencias y variaciones. Se obtuvo valores como la media \bar{X} (hH/um), la varianza σ^2 , la desviación estándar σ , curtosis K y el coeficiente de asimetría A , los cuales fueron base para el objetivo de la presente investigación. (Ver tabla 7).

Comúnmente existe información que se aleja del promedio o de una tendencia central dentro de un grupo de datos, por esto, fue necesario ajustar lo recopilado con el fin de obtener un comportamiento similar a una distribución normal y lograr desarrollar el análisis estadístico. Por esta razón se debe usar el criterio de eliminar los datos extremos y alcanzar el grado de confianza deseado.

Tabla 7. Resumen del análisis estadístico de la investigación.

ANALISIS ESTADISTICO DESCRIPTIVO DE LOS RENDIMIENTOS (hH/um)								
CAP	SUB CAP	Descripción	Resumen estadístico descriptivo					
			Und	\bar{X}	σ^2	σ	K	A
1		Básicos						
	1.1	Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³	1.210	0.22	0.47	-0.84	0.04
	1.2	Acero (Armado de refuerzo)	kg	0.013	0.00	0.004	-0.35	0.38
	1.3	Formaleta Metálica	m ²	0.057	0.001	0.02	0.62	0.69
2		Cimentación						
	2.1	Fundida de zapata	m ³	0.044	0.00	0.02	-0.39	0.56
3		Estructura						
	3.1	Fundida de Columna	m ³	0.912	0.37	0.61	0.30	0.71
	3.2	Fundida de Muro-pantalla	m ³	0.075	0.002	0.04	0.56	1.36
	3.3	Fundida de Placa	m ²	0.031	0.00	0.003	-0.58	-0.80

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

El resumen estadístico permitió apreciar que la curtosis y el coeficiente de asimetría (sesgo de la muestra) estuvieran entre los rangos de -2 y 2, fue posible esto, luego de que fueran eliminados los datos extremos dentro del conjunto de registros, se ajustaron para que tuvieran un comportamiento de distribución normal.

4.2.3. MATRIZ DE CORRELACIONES DE LOS FACTORES DE AFECTACIÓN CON RESPECTO AL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA

Para cada una de las actividades evaluadas en el estudio estadístico, se efectuó un análisis de correlación entre el rendimiento (variable dependiente) y los factores de afectación (variables independientes), donde también es usado un coeficiente de correlación (r) como indicador de interdependencia de dos variables aleatorias, que se encuentra entre los rangos $(-1 \leq r \leq -0.5)$ y $(0.5 \geq r \geq 1)$. Para apreciar mejor estos conceptos, en la tabla siguiente; se observa denotado con el número 1, las variables que se correlacionan positivamente o favorablemente, las denotadas con el -1, son las variables que impactan negativamente y los 0 son las que cuya correlación es nula. (Ver tabla 8).

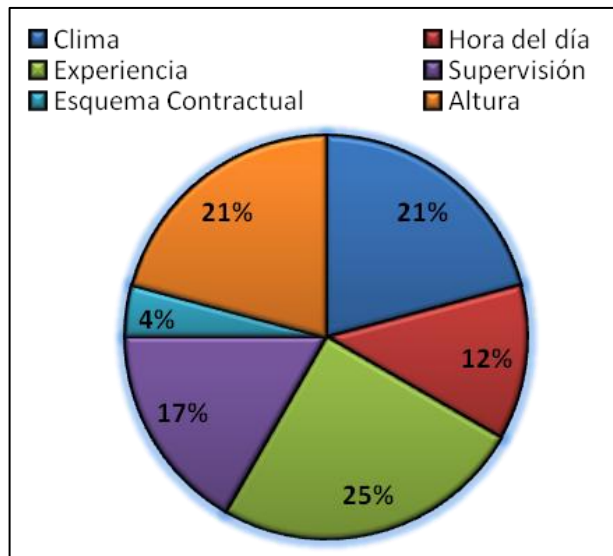
Tabla 8. Matriz de correlaciones entre los factores de afectación y el rendimiento.

MATRIZ DE CORRELACIÓN DE CORRELACIONES RENDIMIENTO Vs FACTORES DE AFECTACIÓN									
CAP	SUB CAP	Descripción	Factores de Afectación						
			Und	Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura
1		Básicos							
	1.1	Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³	0	1	0	0	0	0
	1.2	Acero (Armado de refuerzo)	kg	-1	0	1	1	-1	1
	1.3	Formaleta Metálica	m ²	1	1	-1	1	0	-1
2		Cimentación							
	2.1	Fundida de zapata	m ³	0	0	1	0	0	0
3		Estructura							
	3.1	Fundida de Columna	m ³	-1	0	-1	-1	0	1
	3.2	Fundida de Muro-pantalla	m ³	-1	-1	-1	-1	0	-1
	3.3	Fundida de Placa	m ²	-1	0	-1	0	0	1

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

La matriz de correlaciones permitió establecer para cada actividad, qué factor de afectación tiene incidencia sobre ella, si fue positiva o negativa y nula para los casos que tienen cero. Se deduce que el factor que influencia tuvo sobre la mayoría de las actividades fue la experiencia, dejando en evidencia porque es uno de los aspectos de mayor trascendencia al momento de contratar personal de obra.

Figura 11. Correlación de los factores de afectación vs el rendimiento de la mano de obra en edificaciones.

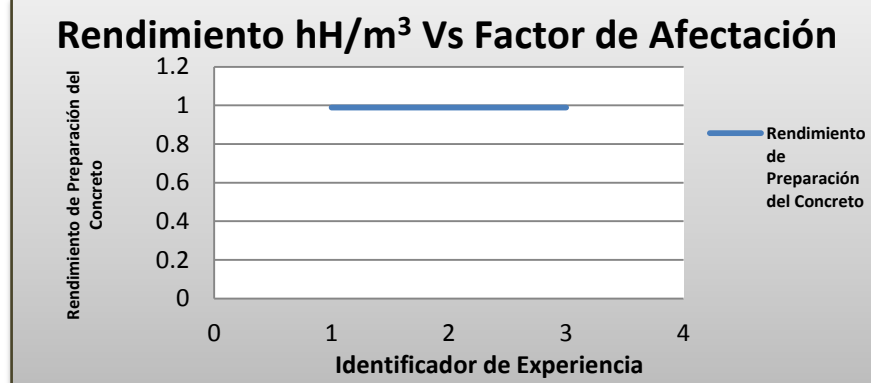


Fuente: Resultado de correlaciones.

La figura 11 muestra que la experiencia de los trabajadores es el factor con mayor correlación respecto a la productividad de la mano de obra en el Área Metropolitana de Bucaramanga, con un porcentaje del 25% según los datos analizados. Seguido por los factores clima y altura con un porcentaje de 21% cada uno, luego con una menor incidencia se encuentra la supervisión y la hora del día a la que se lleva a cabo el trabajo con un 17% y 12% respectivamente; finalmente el factor que tuvo una correlación casi nula con un 4% fue el tipo de esquema contractual, debido a que en la mayoría de obras visitadas la mano de obra eran con el mismo sistema de contrato (subcontratada) y no eran de responsabilidad directa del dueño del proyecto, esto hace que se delegue la responsabilidad a varios subcontratistas logrando mayor control y calidad en la labor desempeñada.

Tomando como base que la experiencia fue el factor de mayor afectación, se analizará cada actividad variando en la unidad correspondiente con respecto al rendimiento de la mano de obra en edificaciones. A continuación se observan:

Figura 12. Rendimiento vs Experiencia en Preparación de Concreto.

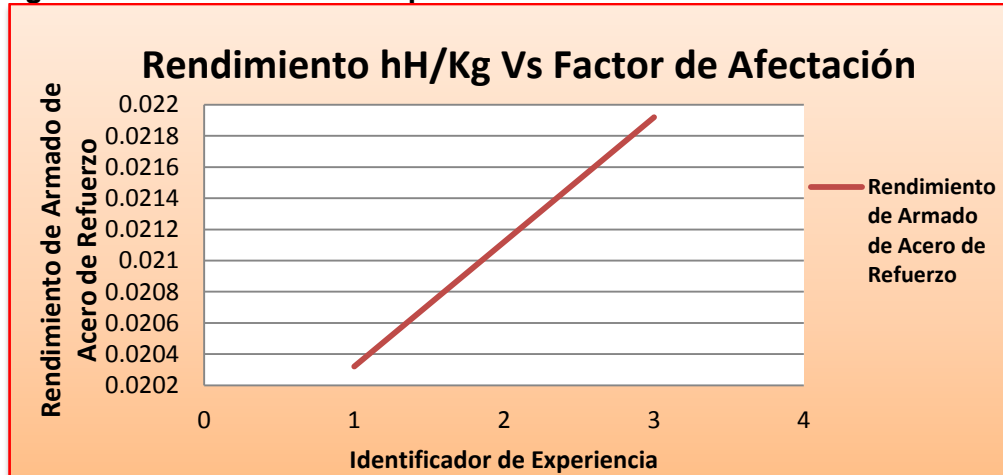


Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

En la figura 12, se observa que el factor experiencia no influye, su incidencia es nula en la actividad de preparación de concreto, por lo tanto, su comportamiento es constante ya que según la fórmula de rendimiento $Y=0,9883+0,0647*B$ se observa que el factor hora de ejecución de la actividad (factor B) es el que incide.

Para la actividad de armado de refuerzo, el rendimiento presenta una característica directamente proporcional con respecto al factor experiencia, es decir, mientras asciende en la escala de experiencia, el rendimiento también aumenta pero a una tasa muy mínima y casi despreciable, esto se puede interpretar como que la actividad no requiere de mano de obra calificada y no sufre mayores variaciones en la productividad. En la figura 13 se puede apreciar dicho comportamiento.

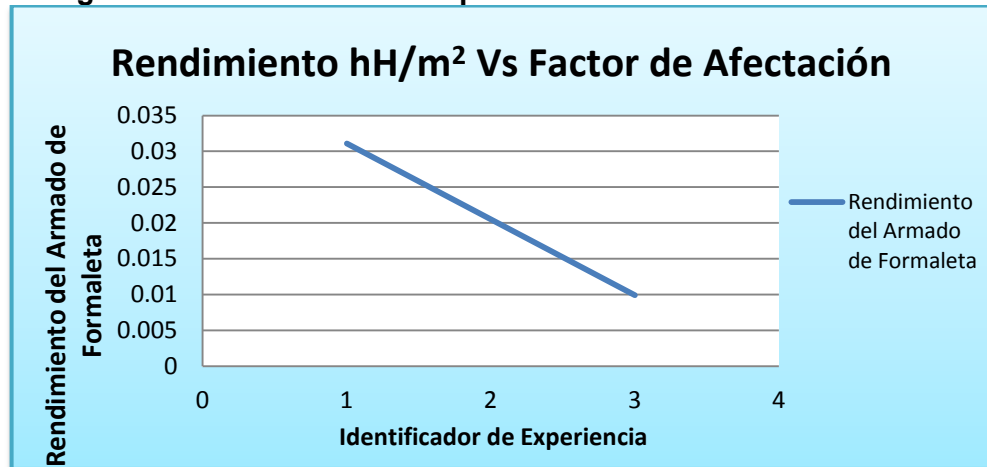
Figura 13. Rendimiento vs Experiencia en Armado de Acero de Refuerzo.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

Según el análisis para el armado de formaleta, tiene menor consumo de tiempo cuando la mano de obra presenta una experiencia de nivel alto, así mismo, esta característica se llama proporcionalidad inversa. Por lo tanto, la mano de obra con experiencia en esta labor tiene incidencia favorable, aumenta la productividad y reduce los tiempos de horas hombre necesarios para su desarrollo.

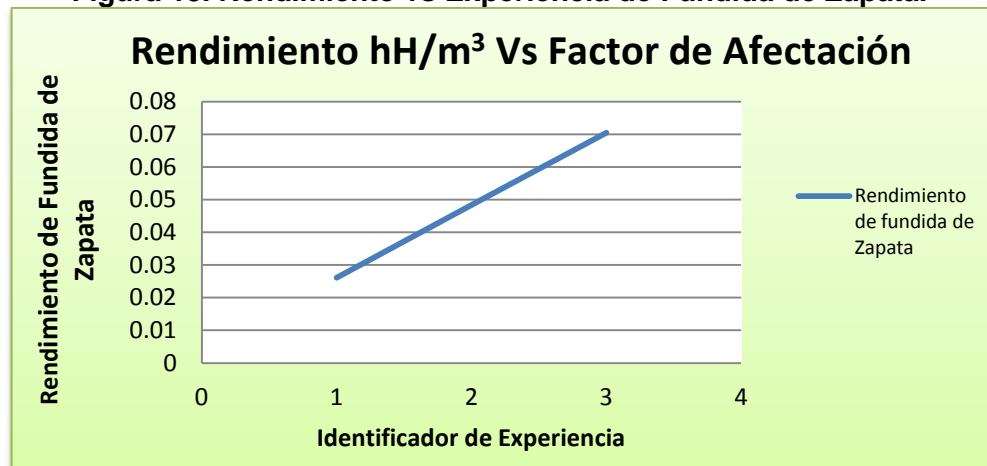
Figura 14. Rendimiento vs Experiencia en Armado de Formaleta.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

En la figura 15, se observa como la variación del rendimiento (eje y) es muy poca a medida que la experiencia aumenta; esto se interpreta como, que la productividad no se ve afectada de manera significativa por la experiencia del personal, debido a que la actividad sólo consta en la fundida de concreto premezclado.

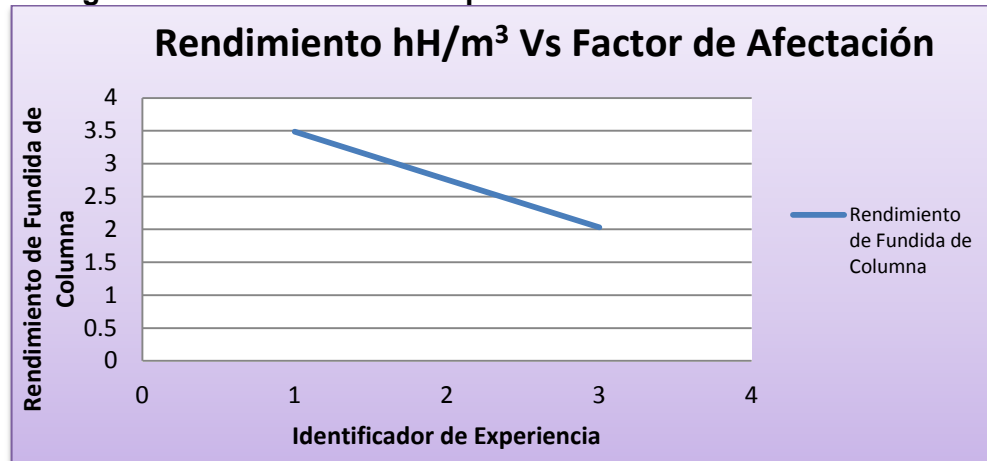
Figura 15. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Zapata.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

Al momento de fundir una columna, la experiencia del trabajador incide en un menor consumo de recurso humano, menos horas-Hombre necesarias para realizar la labor. En la figura 16, se observa dicho comportamiento y se resume, que a mayor experiencia, mayor productividad, tienen un proporcionalidad directa; la mano de obra experimentada es un aspecto importante para el desarrollo de la actividad.

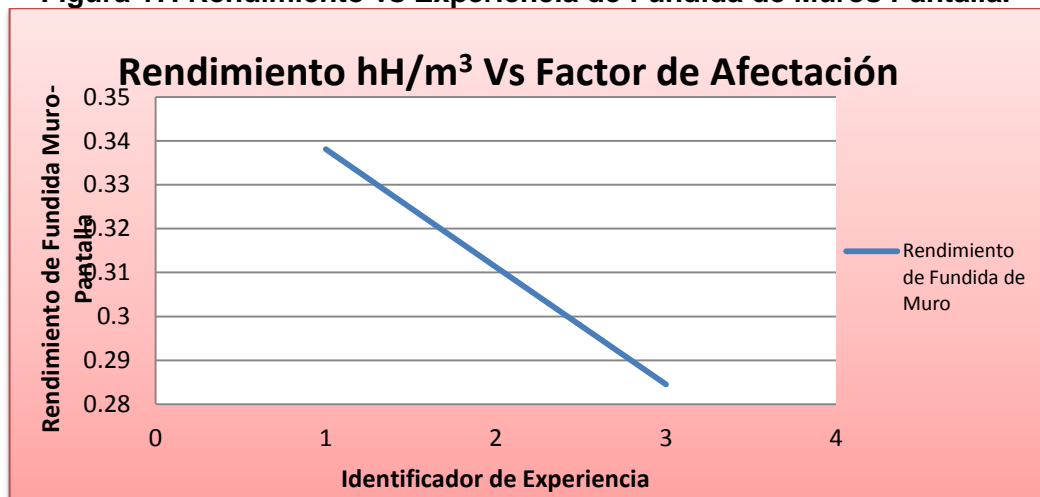
Figura 16. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Columna.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

En la actividad de fundida de muros pantalla, según la figura 17, la experiencia tiende a mejorar la productividad de la labor, ya que a mayor práctica en desarrollar el trabajo, el empleado consume menos tiempo en realizarlo.

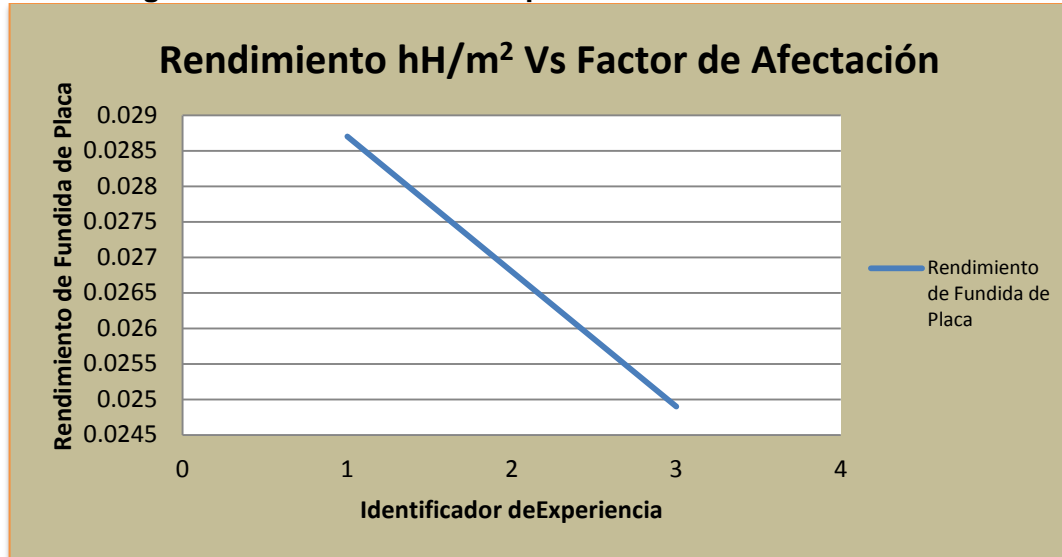
Figura 17. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Muros Pantalla.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

Para la fundida de placa el comportamiento del rendimiento se interpreta como que existe un menor consumo de recurso humano para realizar a medida que aumenta la experiencia del trabajador.

Figura 18. Rendimiento vs Experiencia de Fundida de Placa.



Fuente: Análisis estadístico descriptivo.

La realización de estos análisis sirven como punto de partida para la identificación de procedimientos incorrectos, optimización del recurso humano y mejorar la calidad del proceso de producción de las actividades; llevando un seguimiento continuo y de la mano con la planeación y programación de actividades diarias en un proyecto de construcción.

4.3. BASE DE DATOS

De acuerdo al análisis estadístico descriptivo ajustado a una distribución normal para los datos obtenidos en el estudio del rendimiento y/o productividad de la mano de obra en edificaciones, se muestran los resultados estándares productividad (Um / hH), y de rendimiento de la mano de obra (hH / Um), además de los valores pésimos (cuando la cuadrilla de trabajo es menos eficiente) y óptimos (cuando la cuadrilla se desempeña de manera eficiente) junto a las características de la cuadrilla. (Ver tabla 9).

Tabla 9. Base de datos.

BASE DE DATOS								
Descripción	Resumen estadístico descriptivo							
	Um	Optimista	Rendimiento (\bar{x})	Pesimista	Productividad	Cuadrilla		
		hH/Um	hH/Um	hH/Um	Um/hH	O	A	M
Básicos								
Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³	0.500	1.210	2.174	0.827	1	2	0
Acero (Armado de refuerzo)	kg	0.006	0.013	0.022	77.747	1	2	0
Formaleta Metálica	m ²	0.024	0.057	0.117	17.439	1	2	0
Cimentación								
Fundida de zapata	m ³	0.016	0.044	0.083	22.912	1	2	0
Estructura								
Fundida de Columna	m ³	0.025	0.912	2.454	1.096	1	2	0
Fundida de Muro-pantalla	m ³	0.034	0.075	0.186	13.271	1	2	0
Fundida de Placa	m ²	0.025	0.031	0.035	32.459	1	2	0

Fuente: Resultados del análisis estadístico.

La tabla 9 muestra las actividades estudiadas con los datos estadísticos que representan los valores de mayor y menor utilización de horas – Hombre por unidad de medida en cada actividad analizada, el valor de la media es decir; para el caso de la actividad de armado de formaleta se aprecia que con una cuadrilla de 1 Oficial y 2 Ayudantes (1-2) el rendimiento promedio es de $0.057hH/m^2$, en el mejor de los casos el consumo de mano de obra puede ser $0.024 hH/m^2$ y para el peor de los casos sería de $0.117 hH/m^2$.

4.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis de regresión lineal simple o múltiple tiene como función establecer los modelos de ecuaciones que representan matemáticamente el comportamiento de las actividades objeto de estudio, con respecto, a los factores de afectación y su incidencia en el rendimiento y/o la productividad de la mano de obra en edificaciones del Área Metropolitana de Bucaramanga. En la tabla 10, se observan dichas características.

Tabla 10. Ecuaciones de regresión.

ECUACIONES PARA EL PRONOSTICO DEL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA				
CAP	SUBCAP	Descripción	Und	Ecuaciones de regresión
1		Básicos		
	1.1	Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³	$R=0,9883+0,0647*B$
	1.2	Acero (Armado de refuerzo)	kg	$R =0,01952+0,0008*C+0,0004*D-0,0062*E-0,0009*F$
	1.3	Formaleta Metálica	m ²	$R =0,0417+0,0165*A+0,0027*B-0,0106*C+0,0030*D+0,0028*F$
2		Cimentación		
	2.1	Fundida de zapata	m ³	$R =-0,0039+0,0222*C$
3		Estructura		
	3.1	Fundida de Columna	m ³	$R =4,2127-0.0263*A-0,7275*C-0,3491*D-0,1991*F$
	3.2	Fundida de Muro-pantalla	m ³	$R =0,3649-0,0298*A+0,0054*B-0,0268*C-0,0657*D-0,0054*F$
	3.3	Fundida de Placa	m ²	$R =0,0306-0,0019*C+0,0013*F$

Fuente: Resultados del análisis de varianza.

Se observan las ecuaciones para pronosticar el rendimiento de la mano de obra afectado por los factores ya antes mencionados. Cada actividad es diferente, por consiguiente su comportamiento y los indicadores que lo afectan también. La actividad fundida de placa; tiene la ecuación de regresión $R=0.0306-0.0019*C+0.0013*F$, donde cada variable representa el factor de incidencia. Para el caso del clima $A =0$, la hora del día $B=0$ experiencia $C=2$, la supervisión $D=0$, el esquema contractual $E=0$ y el número de pisos a la que se trabajó $F=5$, por tanto el valor del rendimiento quedaron de la siguiente manera:

Tabla 11. Comparación del rendimiento variando los factores de afectación.

Ejemplos	Caso 1. C=2, F=3	Caso 2. C=1, F=2
Fórmula	$R=0.0306-0.0019*C+0.0013*F$	$R=0.0306-0.0019*C+0.0013*F$
Reemplazando	$R=0.0306-0.0019*2+0.0013*3$	$R=0.0306-0.0019*1+0.0013*2$
Resultado en hH/m²	R=0.0326	R=0.0313

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 11, se escogió para el ejemplo la actividad fundida de placa, donde solo afectan dos factores la experiencia (C) y el número de pisos a que se trabaja (F). Para el caso 1 la experiencia era media y la altura del proyecto se encuentra de 6 a 10 pisos; con un rendimiento de 0.0333. Cambiando el indicador de los factores, esta el caso 2 con una experiencia baja y una altura entre 2-5 pisos.

5. ANÁLISIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA

Las bases de datos existentes en Colombia como la Construdata, relacionan cantidades de rendimiento de mano de obra, insumos y materiales necesarios para la elaboración de una actividad de construcción; con el costo de cada uno de estos elementos como el salario de los trabajadores, precios promedio encontrados en cada una de las cuatro ciudades principales del país (Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali) para brindar un referente a constructores que no cuentan con información de primera mano.

Por lo anterior, se realizó una comparación entre los costos de mano de obra de la Construdata y los obtenidos en las actividades de construcción de edificaciones en la etapa de estructura analizados en la presente investigación, con el objetivo de encontrar si existe alguna relación con los valores reportados en Bucaramanga y su Área Metropolitana.

El costo de la mano de obra en Colombia está constituido por los siguientes elementos:

- **Salario:** “no sólo constituye salario la remuneración ordinaria, fija o variable, sino todo lo que recibe el trabajador en dinero o en especie como contraprestación directa del servicio...”³¹. El salario mínimo mensual legal vigente (SMMLV) para el año 2013 es de \$589.500.
- **Aportes patronales:** Son definidos por la ley, los realiza el empleador y no son recibidos por el trabajador. Está dividido en dos grupos, seguridad social y aportes parafiscales.
- **Prestaciones sociales:** Son beneficios y garantías ofrecidas al trabajador para cubrir riesgos que se le presenten.

En la tabla 12, se muestran los porcentajes estipulados en las leyes colombianas que definen el valor real del salario para los trabajadores en Colombia; donde, para las actividades de construcción, se consideran los riesgos profesionales más altos (8.5% del salario), debido a que se está expuesto a un algo grado de accidentalidad dentro de una obra y el auxilio de transporte es de \$70.500, el cual se paga si el trabajador

³¹ Artículo 127 del Código Sustantivo del Trabajo.

devenga hasta 2 SMMLV. El factor prestacional es la suma de todos los factores que constituyen salario.

Tabla 12. Factor prestacional para el salario de un trabajador en Colombia.

APORTES PATRONALES	
SEGURIDAD SOCIAL	
Pensión	12.00%
Salud	8.50%
Riesgos profesionales	8.70%
Servicios médicos extra	1.15%
APORTES PARAFISCALES	
Caja de Compensación Familiar	4.00%
SENA	2.00%
ICBF	3.00%
PRESTACIONES SOCIALES	
Cesantías	8.33%
Intereses sobre cesantías	1.00%
Prima	8.33%
Vacaciones	4.17%
Preaviso	2%
Dotación	2.90%
Auxilio de transporte	11.96%
FACTOR PRESTACIONAL	78%

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, la expresión que vincula el costo real que debe cancelar un empleador por cada trabajador a su cargo es:

- Para cuadrillas que requieren un solo trabajador.
Costo de M.O por actividad = Consumo obrero (hH) * Costo de hora hombre.
- Para cuadrillas que requieren dos o más trabajadores.
Costo de M.O por actividad = Consumo oficial (hH) * Costo de hora hombre + Consumo ayudante (hH) * Costo de hora hombre.
- Si se conoce el consumo de la cuadrilla se puede expresar como
Costo de M.O por actividad = Consumo cuadrilla (hC) * Costo de hora cuadrilla.
- La manera de conocer el costo salarial en horas se puede expresar:
Costo hora ayudante = [(Salario \$ / mes) / ((30 días / mes) * 8 h / día)] * FP

Costo hora oficial = [(Salario \$ / mes) / ((30 días / mes) * 8 h / día)] * FP

FP es el factor prestacional.

Finalmente, se realizó una comparación entre el costo de mano de obra para el Área Metropolitana de Bucaramanga y los costos reportados por la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol); representan la proporción de los resultados obtenidos con respecto a los comparados. La tabla 13, muestra la fundida de muros pantalla como la actividad de mayor variación respecto a los datos de Camacol, esto en gran parte se debe a que el concreto en las labores estudiadas se llevaron a cabo con concreto premezclado, lo que reduce el tiempo de la fundida del elemento, por consiguiente el tiempo que el trabajador realiza la acción.

Tabla 13. Comparación de costos.

Descripción	Costos de Mano de Obra			
	Und	Estudio	Camacol	C/E
Básicos				
Preparación de Concreto (3000 PSI)	m ³	\$ 18,681	\$ 20,048	1.1
Acero (Armado de refuerzo)	kg	\$ 199	\$ 386	1.9
Formaleta Metálica	m ²	\$ 886	\$ 1,883	2.1
Cimentación				
Fundida de zapata	m ³	\$ 674	\$ 814	1.2
Estructura				
Fundida de Columna	m ³	\$ 14,088	\$ 15,263	1.1
Fundida de Muro-pantalla	m ³	\$ 1,164	\$ 3,545	3.0
Fundida de Placa	m ²	\$ 476	\$ 477	1.0

Fuente: Análisis de costos.

6. MODELACIÓN (HOJA DE EXCEL)

Para finalizar la presente investigación, con los resultados obtenidos en el análisis estadístico se creó una hoja de cálculo en EXCEL, con el fin de modelar y predecir escenarios afectados por diferentes factores con su respectiva valoración.

Partiendo de la clasificación de los factores afectación, se elaboró una matriz con las ecuaciones de regresión dejando enlazados los factores de incidencia de tal forma que al modificarlos se altere el rendimiento. En cuanto al tema de costos, se referencia el salario mínimo legal vigente con sus respectivos porcentajes de aportes parafiscales y prestaciones sociales. Según lo anterior se calculó el costo de mano de obra para ayudantes y oficiales por horas y/o días, con estos resultados se puede obtener el costo total y la duración de las diferentes actividades.

El usuario de la hoja de cálculo tiene la posibilidad de llevar un seguimiento diario, con las características que tuvieron ocurrencia en la labor desarrollada, para ser comparados determinando la diferencia entre lo teórico (resultados propuestos por la presente investigación) y lo real (resultados tomados en campo por el usuario). Esto le permitirá analizar y detectar posibles disminuciones en la productividad de su recurso humano.

En el anexo E, se encuentra la hoja de cálculo realizada en Microsoft Excel, con sus respectivas instrucciones de uso.

7. CONCLUSIONES

Se logró consignar una base de datos de productividad y/o rendimiento de mano de obra en edificaciones, que servirá como apoyo para estudiantes y profesionales de la construcción, simulando escenarios reales que tengan en cuenta los factores que afectan el desempeño de los equipos de trabajo y brinde una fuente de información de apoyo que abarca las características de la región, logrando un mejor pronóstico para la programación, el presupuesto y control de la mano de obra en proyectos de edificación en etapa de estructura que se desee desarrollar. Los resultados obtenidos fueron:

- Para cada actividad se encontró un resultado pesimista, que se debe entender, como la mayor utilización de recurso humano (horas-Hombre) para realizar la cantidad unitaria de una labor desarrollada (unidad de medida um).
- Un resultado optimista que obedece a la menor utilización de recursos (hH/um) para producir una actividad.
- La media aritmética, permite observar una tendencia central de cada una de las actividades de la etapa de estructura en edificaciones. Este dato está dado para el rendimiento (hH/um) y la productividad (um/hH).

Los análisis de regresiones desarrolladas en esta investigación, dejan como producto la representación matemática del comportamiento de las actividades bajo la incidencia de los factores de afectación; permiten modelar diferentes escenarios con características socio-económicas, ambientales y físicas propias de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Le permite al usuario de la base de datos obtener un estimativo que sirva de comparación en casos reales desarrollados en la región.

La matriz de correlaciones indicó como factor de mayor incidencia a la experiencia, quien fue la que más veces influyó dentro de las actividades analizadas en la investigación, cerca del 25 % con respecto a los demás factores. Se relacionó de igual manera, con los resultados obtenidos en la encuesta realizada a los constructores de la región; la cual, arrojó como respuesta a la pregunta: ¿Cuáles de las siguientes características tiene en cuenta al momento de contratar personal para labores en obra?, a la experiencia con un 47%, como la característica que más tienen en cuenta al momento de contratar.

Por otro lado, la matriz de correlaciones permitió observar el comportamiento entre el rendimiento de las actividades (variable dependiente) y los factores de afectación (variables independientes). Se tomó como ejemplo la experiencia, el factor de mayor suceso positivo o negativo dentro de las actividades, entendiéndose como positivo, cuando las variables presentaron una proporcionalidad directa, es decir, a mayor escala en el factor de incidencia mayor rendimiento o menor incidencia efectúa menor rendimiento; mientras que el caso contrario, negativo se debe interpretar como una relación inversamente proporcional, menor rendimiento quiere decir mayor influencia del factor y viceversa. Cuando la relación es nula no interviene en esa labor.

Se realizó un análisis de costos cuyo objetivo fue comparar entre las bases de datos de CAMACOL y los encontrados por éste estudio, los precios de la mano de obra de actividades llevadas a cabo en edificaciones: etapa de estructura. La actividad llamada fundida de muro pantalla, fue la que presentó mayor variación (alrededor de tres veces más costo) de la información de CAMACOL con respecto a los datos obtenidos en el presente estudio; lo cual se observa, cómo en algunos casos la actividad está sobrevalorada, desfavoreciendo el presupuesto del proyecto.

La modelación de los escenarios se realizó en una hoja de cálculo, que conectó la base de datos, con la correlación de las variables, la cual, mediante las ecuaciones de regresión, permitió interactuar los distintos factores de afectación entre sí y generó rendimientos en situaciones específicas. Se le ofrece al usuario la posibilidad de llevar un seguimiento diario de rendimientos, que tengan en cuenta las características físicas, ambientales y socio-económicas ocurridas en la labor desarrollada; para ser comparados, determinando la diferencia entre lo teórico (resultados propuestos por la presente investigación) y lo real (resultados tomados en campo por el usuario). Esto le permitirá analizar y detectar posibles disminuciones en la productividad del recurso humano, ayudar a encontrar las mejores condiciones de trabajo, llevar un control de la calidad más eficiente para lograr disminuir los costos de un proyecto.

8. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta que el alcance de la presente investigación incluyó sólo la etapa de estructura, es importante seguir consolidando información de otros campos de la construcción como el urbanismo, la infraestructura, vivienda de interés social, en general todo lo que demanda construcción de obras civiles, para estandarizar e incrementar la calidad de mano de obra competente, que a su vez, genere mejores condiciones de trabajo y por consiguiente; proyectos más eficaces que colaboren al desarrollo de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

En el periodo de recolección de datos de próximas investigaciones, sería significativo tener en cuenta diferentes factores a los que aquí se analizaron, de tal forma que se puedan evaluar todos los que existen, de modo que se logre definir y buscar soluciones sobre aquellos que influyen negativamente en los trabajadores y sus actividades, por otro lado, se puedan incentivar los factores que inciden positivamente.

Se recomienda desarrollar un método que permita unificar las cuadrillas de trabajo, fundamentado en la función específica que desempeña un oficial y un ayudante. Esto permitirá un mayor acercamiento a la realidad en el rendimiento de la mano de obra del equipo de trabajo.

De la recolección de los datos de información depende el éxito de las investigaciones similares a la presente, es necesario hacer observación de cada actividad e imprevisto con su respectivo comportamiento, de modo que, al momento de analizar los resultados estos no estén tan desviados de la realidad. Por esta razón se recomienda mejorar el instrumento de recolección de tal forma que permita consignar más detalles de cada labor evaluada.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR MEJÍA, Guillermo y HERNANDEZ, Triny Carolina. Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimiento de mano de obra. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, (2007).
- AGUIRREGOITIA MORO, María. Métodos de trabajo y control de tiempos en la ejecución de proyectos de edificación. Tesis de Máster en ingeniería civil. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, (Junio 2011).
- ARAQUE GONZÁLES, Gustavo Andrés. Planeación e implementación de la filosofía Lean Construction en base al estudio de pérdidas y aplicación del sistema Last Planner en un proyecto constructivo de la empresa Marval S.A. Trabajo de grado ingeniería industrial. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (2010).
- BOTERO, Luis. Análisis de rendimiento y consumos de la mano de obra en actividades de construcción. En: Revista Universidad EAFIT. N° 128. (Octubre. Noviembre. Diciembre. 2002); 14.p
- GÓMEZ Adriana, ECHEVERRY Juan, GIRALDO María, OTALORA Camilo, CANO Martha. Mejoramiento de procesos constructivos a partir de un modulo programable para captura de imágenes y simulación digital. EN: Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Vol. 27. No. 8, (Abril, 2012) < http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-50732012000200003&script=sci_arttext> [citado en 27 de Diciembre de 2012].
- GUTIÉRREZ, Mario. Introducción. En: Administrar para la calidad. 2ª Ed. México D.F: Limusa Noriega Editores, 1989. P19.
- HERNANDEZ, Triny Carolina. Seguimiento de la productividad en obra: Técnicas de medición de rendimiento de mano de obra. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, (2007).
- JOHNSON, Richard A. Probabilidad y Estadística para Ingenieros de Miller y Freund, ed. 5. Prentice Hall. México. 2007. 624.p.
- MARTÍNEZ BENCARDINO, CIRO. Estadística y Muestreo. Ecoe. 9a ed. Santafé de Bogotá, D.C. 1998. 886.p.
- MARTINEZ, David Francisco y VALETA, Carlos Andrés. 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. Trabajo de grado ingeniería civil. Sincelejo: Universidad de Sucre. Facultad de ingenierías. (2009).
- POLANCO SÁNCHEZ, Lina Marithza. Análisis del rendimiento de la mano de obra para actividades de construcción- estudio de caso edificio J de la UPB. Trabajo de grado ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (Septiembre 2009).
- SENA – CAMACOL. Rendimientos y consumos de mano de obra. Antioquia: Cano, Antonio. Duque V. Gustavo. Septiembre de 2000. 32.p.
- SERPELL, Alfredo. Administración de Operaciones de Construcción: Conceptos de productividad en la construcción. 2ª Ed. México D.F: Alfaomega, 2000. 291 p.
- SUAREZ, Sergio Andrés. Elaboración de una base de datos de rendimiento para la programación y presupuesto de edificaciones en Bucaramanga y su Área Metropolitana. Trabajo de grado ingeniería civil. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingenierías. (2008).
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Aportes para el mejoramiento de la productividad en la construcción de edificaciones – Time Lapse. Bogotá: Arango, Sebastián. 2006.

CIBERGRAFIA

- APUNTES DE CLASE de Antonio Morillas, Profesor del curso Estadística Aplicada II, “Muestreo en poblaciones finitas” de la Universidad de Málaga. España, Agosto de 2007. [en línea] <<http://webpersonal.uma.es/~morillas/NOTAS.HTM>> [citado en 11 de octubre de 2012].
- Código Sustantivo del Trabajo. *Título VI Jornada de Trabajo. Capítulo II Jornada Máxima. Artículo 161 Duración.* <http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/codigo/codigo_sustantivo_trabajo_pr005.html> [citado en 26 de Diciembre de 2012]
- COPNIA. Doctrina y Conceptos. [en línea]. <http://www.copnia.gov.co/doctrina_y_conceptos-65/> [citado 26 de Diciembre de 2012].
- DANE, < http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/Censo_Edificaciones.pdf> [citado en 28 de Diciembre].
- Gerencie.com. Apropriaciones de Nómina. [en línea]. <<http://www.gerencie.com/apropiaciones-de-nomina.html>> [citado 23 de Diciembre de 2012].
- GOBERNACION DE SANTADER, Guía Turística, Santander Tierra de Aventura, Edición 2011, Santander, 2011. págs. 49-71
- Unión General de Trabajadores. Prevención de Riesgos Profesionales [en línea]. <http://www.ugt.es/campanas/condicionesdetrabajo.pdf> [citado en 21 de Diciembre de 2012].
- Naciones Unidas. Revista de la CEPAL (Comisión económica Para América Latina y el Caribe). EN: Publicación de las Naciones Unidas. [en línea]. No 86 (Agosto, 2005). <<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/22219/G2282e.pdf>> [citado en 22 de Diciembre]. ISSN 1682-0908.

ANEXOS

Anexo A. Encuesta dirigida a los constructores de Bucaramanga y su Área Metropolitana.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Encuesta Dirigida a Constructores

Encuestado: _____

Obra en la que ha tenido experiencia: _____

Fecha: _____

Objetivo: Conocer los antecedentes sobre los factores que impactan la productividad de la mano de obra en la construcción, la medición de dicha productividad y el uso de base de datos por parte de constructores y consultores de Bucaramanga y su Área Metropolitana.

Indicaciones: En las preguntas de selección múltiple puede marcar más de una opción.

1. Cuáles de las siguientes características tiene en cuenta al momento de contratar personal para labores en obra?

- a. Experiencia
- b. Conocimientos técnicos
- c. Habilidad
- d. Edad

2. Al momento de programar las actividades en obra ¿Cuáles de éstas herramientas emplea para los cálculos?

- a. Tablas sistematizadas de rendimientos de mano de obra
- b. Datos empíricos
- c. No tiene en cuenta este aspecto

Marque con una X

3. Conoce ud los factores que inciden en la productividad de la mano de obra?

SI NO

Si conoce alguno o varios, por favor menciónelos: _____

4. Ha medido ud los rendimientos de sus cuadrillas?

SI NO


Cuantas veces?

5. (Marque con una X) Conoce ud en Bucaramanga y su Área Metropolitana una base de datos que registre el rendimiento de la mano de obra en la construcción de:

	SI	NO	CUAL?
Edificaciones			
Vías			
Otra			

Muchas gracias

Anexo B. Formato de recolección de datos.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. <i>Facultad de Ingeniería Civil</i> . 											
Formato de recolección.											
Nombre de la actividad								Unidad =			
Producido	Tiempo Ejecución	Cuadrilla			Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura	Descripción de la obra
		M	O	A							
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Tabla de rangos e identificadores de los factores de afectación.

Variable	Descripción	Rango	Identificador
A	Clima	Caluroso	1
		Nublado	2
		Lluvia	3
		Tormenta	4
B	Hora de ejecución de la actividad	6-8 am	1
		8-10 am	2
		10-12 am	3
		2-4 pm	4
		4-6 pm	5
C	Experiencia	Baja	1
		Media	2
		Alta	3
D	Supervisión	Baja	1
		Media	2
		Alta	3
E	Esquema contractual	Producido	1
		Día trabajado	2
F	Número de pisos a la que se trabaja	0 – 1 piso	1
		2 – 5 pisos	2
		6 – 10 pisos	3
		> 10 pisos	4

Fuente: Resultados del estudio de productividad.

Anexo D. Formato de información de rendimientos.

	Actividad:					Unidad =	M3
	Y	A	B	C	D	E	F
	Rendimiento de Cuadrilla Unificada h-H/m ³	Clima	Hora del día	Experiencia	Supervisión	Esquema Contractual	Altura
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							

Fuente: Elaboración propia.

Anexo E. Modelación de escenarios de costos (CD que contiene archivo en Excel).

Fuente: Resultado de análisis de costos.