

ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA ACTIVIDADES DE  
CONSTRUCCIÓN – ESTUDIO DE CASO EDIFICIO J UPB-

LINA MARITHZA POLANCO SÁNCHEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA

2009

ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA ACTIVIDADES DE  
CONSTRUCCIÓN – ESTUDIO DE CASO EDIFICIO J UPB-

LINA MARITHZA POLANCO SÁNCHEZ

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil

Director

ALDEMAR REMOLINA MILLAN

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2009

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Jurado 1

---

Jurado 2

Bucaramanga, Septiembre de 2009

*A mi familia que ha sido el viento que empuja mis sueños*

*Y el sol que ilumina este caminar.*

*Que sea una ofrenda a las bendiciones que Dios*

*Me ha dado a través del amor que ellos me han brindado.*

*Lina Marithza Polanco Sánchez*

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus agradecimientos a:

Aldemar Remolina Millán, Ingeniero Civil y Director de la Investigación, por su constante motivación y tiempo dedicado al continuo avance, en la realización del presente proyecto.

Viviana Marcela Pérez, por su colaboración y apoyo firme a lo largo de la investigación.

A la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, por permitirme los medios para realizarme como profesional.

A mis padres y demás familiares quienes han forjaron mi realización personal a lo largo de toda mi vida.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ABSTRAC</b> .....	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
1. 1 OBJETIVO GENERAL .....	4
1. 2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
<b>2. RENDIMIENTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION</b> .....	<b>5</b>
2. 1 DEFINICIÓN.....	6
2. 2 ASPECTOS QUE AFECTAN Y DETERMINAN LOS RENDIMIENTOS .....	6
2. 3 TIPOS DE RENDIMIENTO .....	11
2. 4 METODOLOGIAS PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTOS.....	12
2. 5 BASE DE DATOS DE RENDIMIENTOS .....	14
2.6 PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LOS RENDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANEACION .....	15
<b>3. ESTUDIO DE CASO PROYECTO EDIFICIO J</b> .....	<b>18</b>
3. 1 DESCRIPCION GENERAL.....	18
3. 2 ESTRUCTURA.....	22

3.2. 1 Cimentación .....	22
3.2. 2 Sistema Estructural y Superestructura .....	25
3.3 MAMPOSTERIA.....	27
<b>4. TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>29</b>
4.1 DISEÑO DE LA MATRIZ DE ELEMENTOS .....	29
4. 2 TOMA DE INFORMACION EN CAMPO.....	38
4. 3 FORMULAS DE CÁLCULO Y PRESENTACION DE RESULTADOS .....	39
<b>5. ANALISIS DE RESULTADOS – INDICES DE PRODUCTIVIDAD- .....</b>	<b>45</b>
5. 1 ZAPATAS.....	45
5. 2 COLUMNAS .....	46
5. 3 VIGAS DE AMARRE .....	47
5. 4 MUROS DE CONTENCIÓN.....	49
5. 5 MAMPOSTERIA.....	51
<b>6. RENDIMIENTOS GLOBALES.....</b>	<b>53</b>
6. 1 PROPUESTA DE METODOLOGÍA.....	53
6. 2 DETERMINACION DE RENDIMIENTOS GLOBALES.....	53
6.2. 1 Zapatas .....	56
6.2. 2 Vigas de Cimentación .....	57
6.2. 3 Columnas .....	58
6.2. 4 Muros de contención.....	59
6.2. 5 Losa Piso.....	60
6.2. 6 Lozas Entrepiso.....	61
<b>7. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO.....</b>	<b>63</b>

7. 1	BASE DE DATOS UPB SOBRE RENDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	63
7. 2	CONFORMACIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE PROYECTOS DE LA UPB.....	64
7. 3	EQUIPO DE TRABAJO REQUERIDO.....	64
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Cuadro Análisis de Causa Efecto Ishikawa.....	10
Figura 2. Panorámica Aérea U.P.B. Seccional Bucaramanga. ....	19
Figura 3. Dimensiones ladrillo H-10.....	27
Figura 4. Dimensiones ladrillo M-29.....	28
Figura 5. Datos columna.....	29
Figura 6. Mediciones Columnas.....	30
Figura 7. Modelo exponencial y lineal del porcentaje de ajuste .....	42
Figura 8. Frentes de trabajo.....	43
Figura 9. Seguimiento fotográfico semanal para las Zapatas .....	57
Figura 10. Seguimiento fotográfico semanal para las Vigas de cimentación.....	58
Figura 11. Seguimiento fotográfico semanal para las columnas.....	59
Figura 12. Seguimiento fotográfico semanal para los muros de contención.....	59
Figura 13. Seguimiento fotográfico semanal para las losa del piso .....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de Sección Zapatas .....	23
Tabla 2. Dimensiones Muros de contención.....	24
Tabla 3. Tipo de sección Columnas.....	26
Tabla 4. Espesores placas de entepiso.....	27
Tabla 5. Tabla Matriz Columnas .....	33
Tabla 6. Tabla Matriz Vigas .....	34
Tabla 7. Tabla Matriz Muros de Contención.....	35
Tabla 8. Tabla Matriz Zapatas .....	35
Tabla 9. Tabla Matriz Mampostería .....	36
Tabla 10. Zapatas. ....	46
Tabla 11. Columnas .....	47
Tabla 12. Vigas De Amarre.....	48
Tabla 13. Muros De Contención .....	50
Tabla 14. Mampostería .....	52
Tabla 15. Rendimientos Edificio J y Construdata .....	52
Tabla 16. Resumen del registro fotográfico semanal. ....	54

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	40
Ecuación 2.....	44

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A. Localización –general
- Anexo B. Formato para la Información recopilada en campo
- Anexo C. Tabla Matriz Zapatas
- Anexo D. Tabla Matriz Columnas
- Anexo E. Tabla Matriz Vigas de Amarre
- Anexo F. Tabla Matriz Muros de Contención
- Anexo G. Tabla Matriz Mampostería
- Anexo H. Registro Fotográfico
- Anexo I. Localización del elemento según registro fotográfico

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA PARA ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN – ESTUDIO DE CASO EDIFICIO J UPB.

**AUTOR:** LINA MARITHZA POLANCO SÁNCHEZ

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** ALDEMAR REMOLINA M.

### RESUMEN

La presente investigación lleva a cabo el análisis de rendimientos de mano de obra para algunas actividades de construcción de edificaciones, como son las estructuras de concreto y las obras de mampostería. Este análisis fue realizado, tomando como base la ejecución de una construcción real en el campus, de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga edificio J. Dicho análisis se realiza con el fin de encontrar un estándar de rendimiento que permita la comparación de estas actividades en la realización de proyectos de características similares; esto se lleva a cabo por medio del análisis de los datos de rendimiento y mano de obra que fueron medidos en campo por un equipo de auxiliares que realizaron el seguimiento a cada actividad. Se parte de la base que estos rendimientos se ven afectados por múltiples factores de carácter ambiental, según el personal, etc. No obstante son una buena referencia para proyectos futuros similares. Durante la ejecución de la obra se registró información relacionada con la fecha y hora de ejecución, ubicación del elemento, cantidad y mano de obra que ejecuta dicha actividad, esta información se tabuló y permitió calcular los rendimientos asociados a cada una de las actividades estudiadas, obteniendo como resultado principal una unidad de medida comparativa a partir de la experiencia. Mediante la recopilación del registro diario fotográfico se pudo determinar un rendimiento global por actividad en la ejecución del proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Productividad en construcción, Mano de obra en construcción, análisis de rendimientos, metodología para el estudio de rendimientos.

## GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

**TITLE:** PERFORMANCE ANALYSIS OF LABOR FOR CONSTRUCTION ACTIVITIES – BUILDING CASE STUDY J UPB.

**AUTHOR:** LINA MARITHZA POLANCO SANCHEZ

**FACULTY:** Faculty of Civil Engineering

**DIRECTOR:** ALDEMAR REMOLINA M.

### ABSTRACT

This research conducts an analysis of labor income for some house construction activities, such as concrete structures and masonry work. This analysis, based on the performance of a real building on the campus of the Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga building Sectional J. This analysis was performed in order to find a performance standard that allows comparison of these activities in the implementation of projects with similar characteristics, that is conducted through analysis of performance data and labor which were measured field by a team of assistants that followed up on each activity. It assumes that these returns are affected by many factors related to environmental issues as personnel, etc.. However, they are a good reference for future similar projects.

During the execution of the work record information relating to the date and time of execution, item location, quantity and labor that is running that business, this information is tabulated and recorded to estimate the returns to each of the activities in question, main result obtained as a unit of measurement from comparative experience. Through the collection of photographic diary could be determined by global business performance in project implementation.

**KEY WORDS:** Productivity in Construction, construction labor, performance analysis, survey methodology yields.

## INTRODUCCIÓN

En la ejecución de los trabajos de ingeniería civil influye de manera determinante el tiempo y la calidad en los procesos que se realizan por la mano de obra; de manera que los rendimientos que se producen de esta son parte fundamental que pueden generar disminución en el tiempo de ejecución, calidad y economía en las actividades.

El presente proyecto surgió de la necesidad de poder contar con insumos más confiables y asequibles de rendimientos de construcción de edificaciones, aprovechando la ejecución real de un proyecto propio de la U.P.B. Para este la realización de éste trabajo fue necesaria la utilización de una serie de datos que fueron recopilados durante la ejecución del edificio J, los cuales fueron fundamentales para el cálculo de los rendimientos en cada una de las actividades estudiadas.

Los rendimientos obtenidos se convertirán en una base de datos estándar que sirva de referencia para proyectos similares en la U.P.B. o en la misma región. A continuación se presenta una descripción capítulo por capítulo del trabajo realizado.

En el primer capítulo se presentan los objetivos generales y específicos de esta investigación, en los cuales se deja claro cuales son las metas y el alcance del proyecto.

En el capítulo dos se realiza un tema teórico sobre los rendimientos de construcción, en la cual se presenta su definición, tipos de rendimientos, la

metodología que se usó para el cálculo de rendimientos, las bases de datos nacionales y típicos para la planeación de los diferentes proyectos de construcción, así como la problemática asociada a los rendimientos.

En el capítulo tres se hace una descripción general del proyecto, donde se fundamentan las características que presenta el edificio J, el sistema constructivo del cual está compuesto, la descripción del proyecto, de igual manera se hace referencia a los componentes del diseño como sistema estructural, cimentación y mampostería.

La toma de datos y procesamiento de la información se encuentran consignados en el capítulo cuatro, allí se describe el diseño inicial de la matriz elaborada por los auxiliares para la toma de datos en campo, y se explican las formulas de Cálculo utilizadas en la presente investigación para la elaboración de la tabla matriz, por medio de la cual se logra determinar los rendimientos.

En el capítulo cinco se presentan los análisis de resultados y los índices de productividad obtenidos a partir de la tabulación de la información suministrada durante la ejecución de la obra para los elementos de zapatas, columnas, vigas de amarre, muros de contención y de la mampostería.

En el capítulo seis se determinan los rendimientos globales de la obra por medio de del registro diario fotográfico, que se llevó a cabo simultáneamente con la ejecución de esta; para la obtención de dichos rendimientos se propone una metodología, la cual se realiza por medio de un análisis semanal separado para cada actividad, entre ellas las zapatas, vigas de cimentación, columnas, losas piso y las losas de entrepisos.



Durante el desarrollo del capítulo siete se presentan una serie de propuestas enfocadas hacia futuros proyectos a realizar con características similares. Dentro de este capítulo se encuentra una comparación de los resultados obtenidos con las diferentes bases de datos nacionales, la conformación de un registro histórico de proyectos para la U.P.B., y se presenta también la descripción del equipo de trabajo, entre ellos el perfil y la función a desarrollar de cada uno.

En el capítulo ocho se desarrollan las conclusiones de esta investigación y algunas recomendaciones que se puedan tener en cuenta en obras de características similares por la U.P.B. o en la misma región.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar los rendimientos de obra en la construcción del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, en las actividades de concreto y mampostería estructural.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obtener índices de productividad (Rendimientos) para las actividades de concreto y mampostería estructural a partir de la construcción del edificio J – Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga.
- Proponer mejoras para futuros proyectos y conformar el registro histórico que le permita a la administración aprender de experiencias anteriores.
- Hacer un análisis detallado con los datos obtenidos en campo y con las imágenes del registro para determinar rendimientos globales de avance de obra.

## **2. RENDIMIENTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

La productividad es la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados o la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto determinado, logrando el cumplimiento de metas deseadas. La importancia de la productividad radica en optimizar los insumos empleados para la ejecución de una actividad, de tal modo que se consiga una mayor cantidad de producto con menor recurso empleado, lo que significa una ganancia en tiempo y utilización de insumo.

Dentro de los insumos requeridos en las obras civiles se cuentan con tres grandes grupos, que son: materiales requeridos para la actividad, relación de equipo y herramienta y mano de obra necesaria para la ejecución de dicha tarea. Esta última depende directamente del rendimiento del personal utilizado, así que puede hacer que la productividad aumente o disminuya dependiendo del comportamiento de los rendimientos producidos en la ejecución de una actividad.

En la planificación de una obra civil se encuentran etapas muy importantes que marcan la diferencia en la realización de esta, tales como, el plan económico de inversión, ventas, presupuesto y la programación; todas estas requieren un forma óptima de manejo de modo que se presenten desperdicios y por tanto una pérdida económica. En la planificación y posterior ejecución del presupuesto y la programación son fundamentales los rendimientos de mano de obra ya que pueden disminuir los costos y tiempo de ejecución.

## 2. 1 DEFINICIÓN

El rendimiento de mano de obra es el tiempo que emplea un obrero o una cuadrilla para ejecutar completamente una determinada cantidad de obra. Se encuentra relacionado directamente con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto, el rendimiento se puede cuantificar por mediciones realizadas en las obras y esta sujeto a las condiciones de cada uno de los empleados. (Consuegra, 2006)

## 2. 2 ASPECTOS QUE AFECTAN Y DETERMINAN LOS RENDIMIENTOS

Las diferentes condiciones en las que se ve enfrentado la construcción de un proyecto, asocian una gran cantidad de factores que afectan el rendimiento de la mano de obra; los cuales se enumeran y se describen a continuación. (Botero, 2002)

**1. Economía general:** Este factor representa la actual situación económica del país, esta influye directamente en:

- El volumen de trabajo o construcción global en la región de influencia del proyecto.
- Las posibilidades de empleo.
- Tendencia de los negocios en general.

Cuando estos indicadores son buenos o excelentes, la productividad se afecta negativamente, ya que se hace más difícil la consecución de mano de obra de buena calidad; mientras que por el contrario, si la economía mantiene su tendencia normal, se encontrara mayor disponibilidad de mano de obra y de mejor calidad.

**2. Aspectos Laborales:** Las condiciones laborales en que se desarrolla la obra influyen en la eficiencia del trabajo, la disponibilidad de personal experto y capacitado; otras características a considerar son:

- El tipo de contrato para el caso del contrato a destajo.
- La cantidad de obreros que estén sindicalizados.
- Los incentivos que se entregan por labor cumplida.
- Salarios o pagos a destajo.
- Las buenas relaciones entre compañeros y superiores.
- La tranquilidad que garantiza la seguridad social.
- La implementación de la seguridad industrial, hacen que se dé un mejor desempeño en la ejecución de las obras.

**3. Clima:** Las condiciones climatológicas pueden afectar positivamente o negativamente la ejecución de los trabajos entre estas se cuentan:

- El estado del tiempo ya que en época lluviosa tiende a disminuir los rendimientos de la mano de obra.
- Temperatura, cuando estas son extremas se ve afectado negativamente el rendimiento del obrero.

**4. Actividad:** Este factor se refiere a la actividad desempeñada por cada trabajador específicamente, la relación entre esta y las demás actividades, el plazo de ejecución, los medios para realizarla; también dentro de esta categoría se deben tener en cuenta algunos aspectos como:

- El grado de dificultad.
- El riesgo que se corre en la elaboración de la actividad.

- La discontinuidad, las interrupciones en la realización de actividades, disminuyen la productividad de la mano de obra.

**5. Equipamiento:** Este factor hace referencia a la herramienta y equipo necesario, se ve afectado por:

- La disposición del equipo necesario.
- Mantenimiento.
- Herramienta
- Elementos de protección para la realización de las actividades que lo necesiten hace que se favorezcan los rendimientos de mano de obra.

**6. Supervisión:** El personal que desempeña este trabajo debe contar con experiencia y velar por la calidad de las actividades realizadas: En este factor influyen:

- Los criterios de aceptación del supervisor.
- La buena instrucción.
- El seguimiento constante a la ejecución de los trabajos.
- La idoneidad del supervisor.
- La gestión de calidad de la empresa y su aplicación; que hacen que los rendimientos se vean favorecidos.

**7. Trabajador:** Los aspectos personales del obrero son muy importantes para la ejecución de las actividades en estas influye:

- El estado de ánimo.
- Situación personal.
- Habilidades.

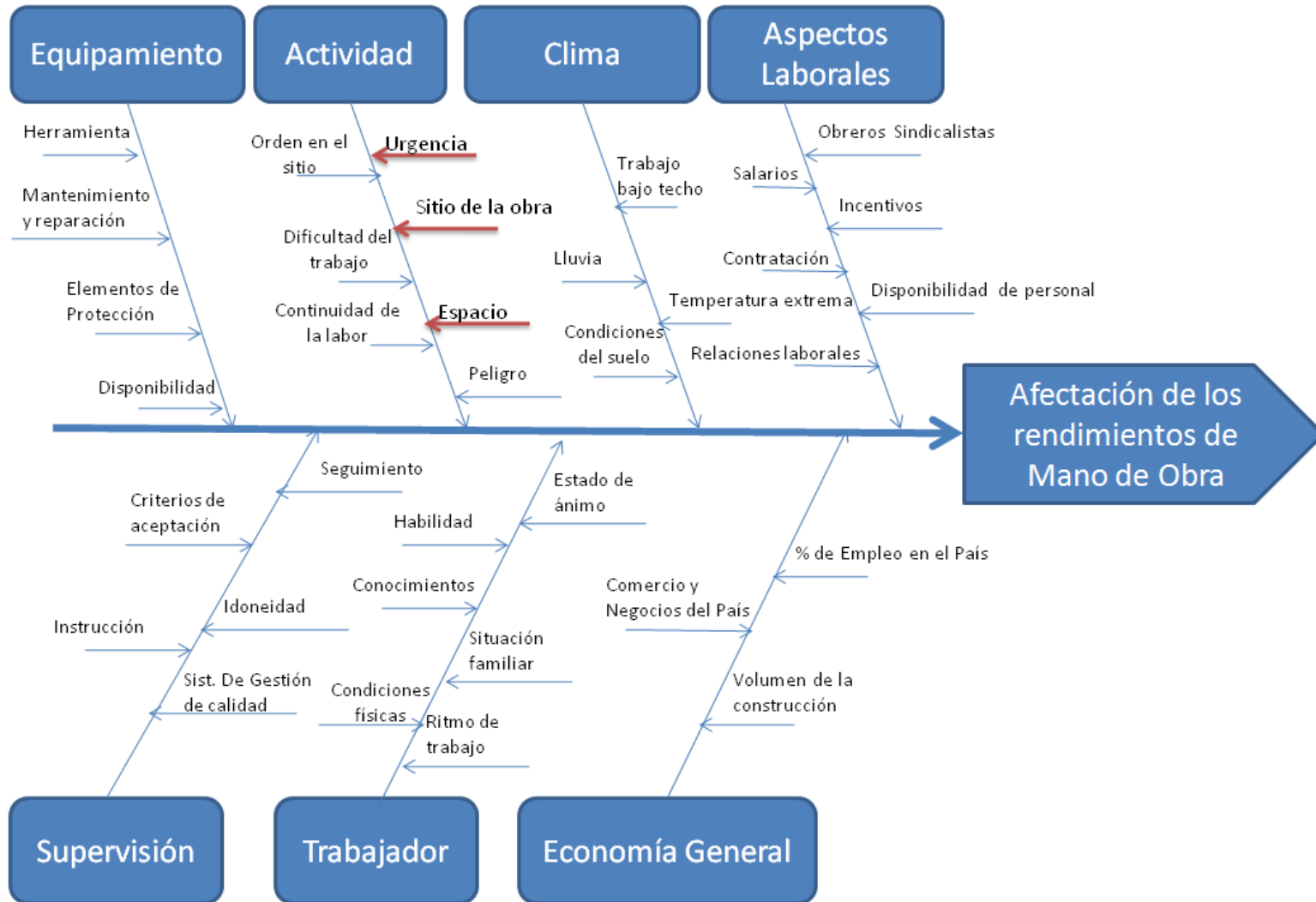
- Conocimientos.
- Condiciones físicas.
- Ritmo de trabajo.

A continuación se presenta en un formato de diagrama causa efecto el análisis de los estudios, para esto se utilizara la metodología propuesta por Ishikawa <sup>1</sup> ó también llamado diagrama de espina de pescado, el cual consiste en una representación gráfica con forma de espina central horizontal y con sus causas a los lados como otras espinas.

---

<sup>1</sup> Kaoru Ishikawa (1915-1989). Licenciado en Química. Presidente durante 22 años de la delegación japonesa ante la ISO.

Figura 1 Cuadro Análisis de Causa Efecto Ishikawa. Aspectos que afectan los rendimientos.





Como un análisis de valor agregado a la propuesta de Botero sobre los factores que determinan los rendimientos de las actividades de construcción, la autora propone cuatro causas adicionales, entre las cuales

**Actividad:**

- Urgencia: el conocimiento por parte del personal obrero de la urgente necesidad de tener cierta labor prontante terminada mejora la disposición de este personal.
- Sitio de trabajo: La calidad de la superficie sobre la cual se labora.
- Espacio: tener el campo de trabajo limitado a pequeños espacios disminuye la productividad.

### **2.3 TIPOS**

Los tipos de rendimiento en las obras civiles se distribuyen en tres grupos, los rendimientos en materiales los cuales están dados cantidad de material entre unidad de material; mientras que la mano de obra y herramienta y equipo se mide por tiempo de uso sobre unidad de actividad.

**Rendimientos para materiales:** Es la relación entre cantidad de material y la unidad de medida de la actividad, es decir que durante la ejecución de los trabajos se encuentra un desperdicio por cada material instalado, por ejemplo en la construcción de un muro de mampostería, se encuentra un desperdicio en los cortes que se requieren para la traba de los ladrillos, ya que al cortarlos, no todos alcanzan la longitud apropiada de instalación y por tanto se desechan, luego existe un rendimiento calculable dependiendo de las características de cada material; también existen otros factores como: transporte, acopio, calidad del producto, limpieza, organización, almacenamiento entre otros.

**Rendimientos de equipo y herramienta:** Este rendimiento se define como el tiempo de uso de la maquinaria, equipo o herramienta en la elaboración de una actividad, depende de la cantidad de trabajo que pueda realizarse con el equipo o herramienta y el tiempo que lleve hacerlo, también influye tipo de herramienta o equipo que se use, por ejemplo los rendimientos de una retroexcavadora dependen de la capacidad de esta, la vida útil y el desempeño del operario. Este tipo de rendimiento presenta dificultad en el momento de medición ya que no existe información sobre el porcentaje de uso y el tiempo necesario de una herramienta durante la ejecución de una actividad, por ejemplo, el uso de un vibrador para concreto en la fundida de varias columnas, ya que éste no se utiliza para una sola columna, sino en todos los elementos que se estén ejecutando en ese momento. Para el cálculo de este tipo de rendimientos se hace necesario el conocimiento y la experiencia.

**Rendimiento de mano de obra:** Estos dependen directamente de los factores que afectan las condiciones del trabajador, como son el estado de ánimo, situación personal, habilidades, conocimiento, condiciones físicas y ritmo de trabajo. Este rendimiento se calcula como el tiempo empleado de un trabajador o cuadrilla al desarrollo de una actividad específica. Uno de los problemas más grandes que presentan en el momento de evaluar los rendimientos de la mano de obra son que no se pueden unificar, ya que son típicos de cada región, y dependen de factores como el clima, la altitud, y el tipo de obra a realizar.

## **2. 4 METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE RENDIMIENTOS**

Teniendo en cuenta la particularidad de la industria de la construcción, así como la gran cantidad de factores que afectan la productividad en sus actividades típicas,

no es recomendable determinar los rendimientos de obra usando metodologías de procesos industrializados (Consuegra, 2006).

A continuación se presentan dos óptimas metodologías para la determinación de los rendimientos:

- **Estudio de tiempos y movimientos:** El rendimiento industrial que se fundamenta en la producción en masa, lo que significa la ejecución de trabajos de un solo tipo, con características iguales, que se realizan en puestos fijos de trabajo y que se pueden ayudar mayoritariamente por tecnología de punta. Entre este tipo de metodología se planteó el “estudio de tiempo”, que observa a un trabajador permanente por un período relativamente corto de tiempo, es adecuado para la observación de las operaciones de trabajo complejo con varias actividades. (Failing, Janzen, & Blevins, 2004), teniendo en cuenta la distancia, las herramientas, y las condiciones físicas del medio en que se realiza la tarea.
- **Promedio de resultados:** El rendimiento en obras de construcción que se refiere directamente a la cantidad de mano de obra expresado en horas hombre que puede ser entre uno o más trabajadores para ejecutar una cantidad de obra de una actividad en particular. Este sistema de rendimientos se basa en la recolección diaria de información en diferentes circunstancias, que luego se tabula en formatos mensuales para obtener promedios representativos.

Los rendimientos resultantes del presente estudio fueron calculados con la metodología de análisis de promedio de resultados. En la toma de datos se tuvo en cuenta el número de personas que desarrollaron la labor y su correspondiente cargo (oficial, ayudante), el porcentaje de obra ejecutado al momento de registrar la información, el tiempo que demora el personal en realizar dicha actividad y los

tiempos de inactividad o descuentos por diferentes razones. El análisis de todas estas variables permite calcular para cada actividad el promedio de rendimientos.

Se llevó a cabo la respectiva revisión bibliográfica en libros y bases de datos como son los documentos de Luis Fernando Botero y Juan Guillermo Consuegra, quienes presentan resultados sobre sus experiencias vividas en Colombia, donde la industria de la construcción maneja un patrón de comportamiento muy similar en las diferentes regiones.

Dentro de la realización del estudio se llevó a cabo la recopilación bibliográfica, por medio de la toma de información de campo se diseñó una tabla matriz, se formularon cálculos, procedimientos, análisis de resultados y los índices de rendimiento para cada una de las actividades estudiadas.

Finalmente se definieron los rendimientos para cada una de las tareas estudiadas, consignadas en la tabla de cálculo, que tienen en cuenta los parámetros cuantificables, y se concluyó mediante los seguimientos del registro fotográfico de la obra, la implementación de cada uno de los patrones tenidos en cuenta en la ejecución del proyecto.

## **2. 5 BASE DE DATOS DE RENDIMIENTOS**

Una base de datos de rendimientos es un conjunto de datos o información que se encuentra guardada y se caracteriza porque pertenece a un mismo contexto y generalmente está disponible para consultas de otros, es producto de estudios realizados anteriormente y cuentan con la aprobación de personal experto en el tema.

Construdata, es la base de datos mas conocida en Colombia, cuenta con rendimientos de mano de obra ya calculados, es la mas usada por su tradición y confianza, es actualizada cada tres meses, cuenta con información en costos, insumos, proveedores entre otros.

Las bases de datos de rendimientos se contextualizan dependiendo de las condiciones de cada obra, sus actividades, su sitio de ejecución, el tiempo de ejecución, presupuesto, especificaciones técnicas y personal por lo tanto son variables dependiendo de estas y otras características externas o imprevistas, y de tal modo no son patrón de medida para todas las obras; por ejemplo una base de datos realizada en Venezuela no es aplicable totalmente a una obra a realizar en Bogotá Colombia, ya que las características que se presentan en este tipo de ciudades son muy diferentes tales como el clima, la presión, los trabajadores, etc.

## **2.6 PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LOS RENDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN**

En cada planeación de un proyecto que involucre mano de obra se deben tener en cuenta los rendimientos de esta, y toda la problemática asociada; es así como una de las mayores falencias en este campo de la ingeniería es que en las obras realizadas no se tiene estudios de rendimientos y muy pocos constructores dedican tiempo e inversión a lo relacionado con la toma de datos para el cálculo de rendimientos; lo que genera que no se cree un ambiente de estudio y por lo tanto no se encuentre gran cantidad de documentación al respecto. Siendo éste una parte del estudio de la ingeniería civil muy importante ya que en los rendimientos se encuentra el óptimo avance en la ejecución, presupuesto y programación de proyectos civiles.

Independientemente las grandes empresas privadas si cuentan con bases de datos propias y calculadas a partir de la toma de datos en campo, porque esto significa gran ventaja frente a otras que no cuentan con estos estudios, significando una mayor productividad.

Con el estado de pocos estudios y el ánimo de obtener proyectos en calidad de licitación<sup>2</sup>, se ven problemas como la manipulación de los rendimientos en la planeación, dando como resultado falsos rendimientos en la ejecución de los proyectos.

En Colombia son muy pocas las bases de datos existentes que se utilizan para la planeación de proyectos, la industria de la construcción se ve afectada debido a que las empresas grandes como las urbanizadoras hacen sus propias bases de datos y no las prestan para el uso externo, siendo los mas jóvenes en este campo quienes se ven mas afectados. Toda vez que, no se cuenta con experiencia ni tampoco con referencias de algunos proyectos similares, Una de las bases de datos mas utilizadas por los estudiantes de Ingeniería civil, es Construdata, aclarando que esta base de datos solo trabaja con rendimientos de obra de las ciudades mas industrializadas del país, como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, dejando por fuera de este grupo a pequeñas urbes como la Ciudad de Bucaramanga.

En los casos en que las empresas cuenten con bases de datos de rendimientos en las obras que han ejecutado, estos deberían ser publicados para que estén al

---

<sup>2</sup> Una licitación es una modalidad de selección de proponentes.

servicio de otros que ejecuten proyectos de características similares, con el ánimo de mejorar la exactitud en costos.

### 3. ESTUDIO DE CASO PROYECTO EDIFICIO J.

Debido al gran crecimiento que se ha presentado en los últimos años en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional de Bucaramanga se vió la necesidad de dotar el campus universitario con mayores áreas para el disfrute de la población estudiantil, aulas, biblioteca, sala virtual, salas de estudio y otras comodidades. Por tal motivo se implementó la construcción del proyecto conocido como edificio J, el cual fue concebido bajo la dirección seccional de la Universidad a cargo de Monseñor Néstor Navarro.

El edificio J se constituye con el objeto de estudio de la presente investigación, y como tal a algunas de las actividades de construcción del proyecto le fueron determinados sus rendimientos.

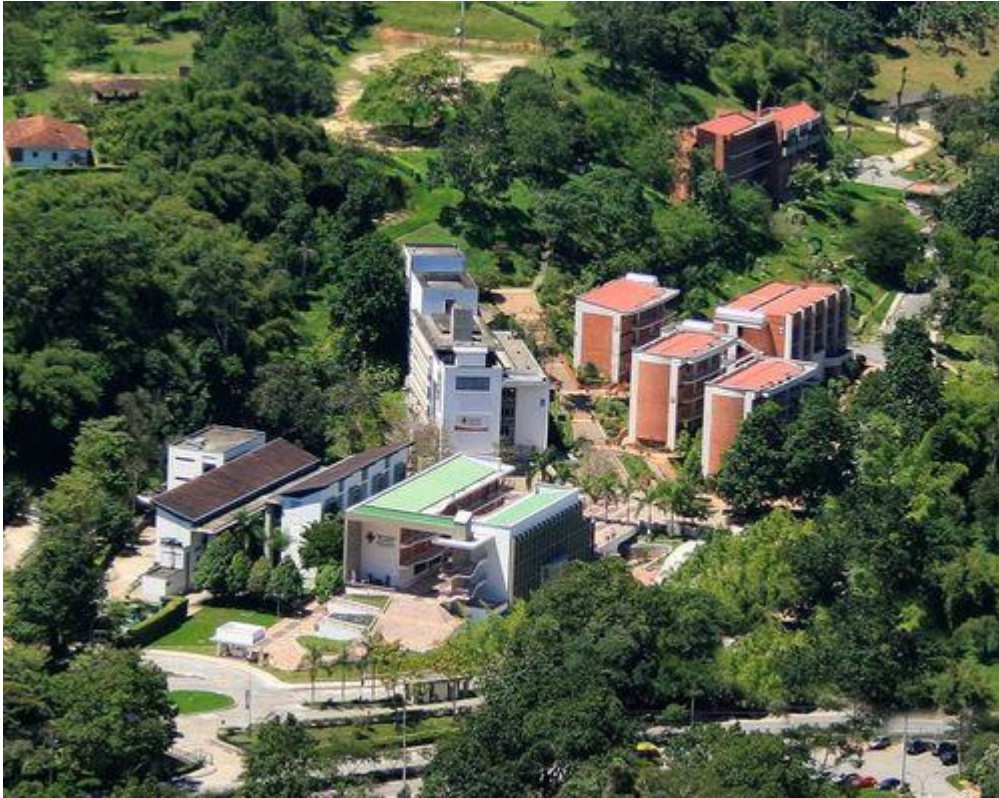
A continuación se presenta la descripción general del proyecto, la descripción del sistema estructural y la descripción de las principales labores de mampostería.

#### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

**Localización:** El Edificio J está localizado en del campus de la Universidad Pontificia Bolivariana, La cual se encuentra ubicada en El municipio de Floridablanca Santander, Km 7 vía Piedecuesta.



**Figura 2. Panorámica Aérea U.P.B. Seccional Bucaramanga.**



Frente: Google Earth.

**Características Generales:** El edificio está construido sobre un área de terreno de 4.561 m<sup>2</sup>, cuenta con un área construida total de 7.749,71 m<sup>2</sup>, distribuidos de la siguiente manera: (Planeación, 2009)

- **SÓTANO:** compuesto por 48 parqueaderos en un área de 1300,98 m<sup>2</sup>, archivo de biblioteca con 158,7 m<sup>2</sup>, depósito de servicios generales, subestación eléctrica de 300 KVA, planta de aire acondicionado y una planta eléctrica de emergencia de 125 KVA con 192,32 m<sup>2</sup>, obteniendo así un área total para el sótano de 1679 m<sup>2</sup>.

- PRIMERA PLANTA: contiene la biblioteca que está conformada por sala de estudio, sala de servicios de videos, sala de servicios de internet, y la sala de consultas y asesorías con una área de 1460 m<sup>2</sup>, un auditorio con 156 sillas de 225 m<sup>2</sup>, un local de 34,33 m<sup>2</sup>, una plazoleta cubierta de 204,74 m<sup>2</sup>, un área de circulación de 40,13 m<sup>2</sup>, con un área total de 1964 m<sup>2</sup>.
- SEGUNDA PLANTA: tiene una plazoleta principal de 688 m<sup>2</sup>, la oficina de recepción con 25,87 m<sup>2</sup>, el departamento de relaciones Públicas y Comunicaciones con un área de 65,37 m<sup>2</sup>, el departamento de Mercadeo con 43,8 m<sup>2</sup>, la dirección del departamento de Biblioteca con 66,8 m<sup>2</sup>, el Departamento de Nuevas tecnologías con 63,6 m<sup>2</sup>, la sala de capacitación de NTIC's con 43,8 m<sup>2</sup>, el departamento de admisiones, Registro y control académico con 136 m<sup>2</sup>, y los módulos de baños, aéreas libres, circulaciones, caseta vigilantes y fuente con 1417,06 m<sup>2</sup>, dando así un área total de 2550 m<sup>2</sup>.
- TERCERA PLANTA: esta planta está conformada por una sala de profesores con un área de 52 m<sup>2</sup>, once aulas con 481,8 m<sup>2</sup>, audiovisuales 14 m<sup>2</sup>, módulos de baños 46 m<sup>2</sup>, y la circulación y terrazas con 225, 65 m<sup>2</sup>, consiguiendo un área total de 819,45 m<sup>2</sup>.
- CUARTA PLANTA: está constituida por una sala de profesores de 43,8 m<sup>2</sup>, nueve aulas de 394,2 m<sup>2</sup>, módulos para baños con 92 m<sup>2</sup>, la circulación y terrazas de 207,26 m<sup>2</sup>, obteniendo así un área total de 737 m<sup>2</sup>.

**Programación y Presupuesto:** el presupuesto inicial del proyecto fue de \$4.665'703.292.00 y finalmente el costo de la obra fue de \$5.650'566.486.00. la programación inicial contaba con un plazo de ejecución de obra de 12 meses empezando el 7 de Diciembre de 2006, finalmente el proyecto termino el 30 de Abril de 2008

**Organización:** Este proyecto fué diseñado por el arquitecto Gil Roberto Gómez Durán, el diseño estructural estuvo a cargo de los ingenieros, Dálton Moreno Girardot y Edinson Peña Piza, el diseño Hidráulico y Sanitario de la ingeniera Carolina Acevedo, el diseño eléctrico por el ingeniero Henry Villabona, el diseño de aire acondicionado estuvo a cargo de los ingenieros Humberto Barragán y Faride Bestene, el estudio Geotécnico por el ingeniero Gerardo Bautista y el estudio y diseño de puesta a tierra por el ingeniero Rafael Arizmendi.

La firma constructora a cargo del proyecto fue OTTAC LTDA de los ingenieros Álvaro Cavanzo Guisa y José Cavanzo Guisa. El director del proyecto de OTTAC fue el ingeniero Exposito Hernández, el director de obra fue el arquitecto Edgar Osorio y el Auxiliar de ingeniería Juan Carlos de la Ossa.

La interventoría estuvo a cargo de General GPI Ltda, el director fue el ingeniero Carlos Yepes, el residente fue la arquitecta Yamile Amaya y como ingeniero auxiliar de interventoría estuvo la ingeniera Juliana Jones Ordóñez

**Especificaciones:** Durante la ejecución de la obra se contó con maquinaria pesada para realizar la excavación correspondiente, entre ellas encontramos retroexcavadora, bulldozer, y martillos los cuales fueron utilizados para explotar algunas rocas. Ya en la construcción del edificio se contó con la estación de bombeo de concreto.

El edificio cuenta con un sistema de aire acondicionado Shiller de 120 TR, ubicado en la biblioteca, y con un polo a tierra

## **3. 2 ESTRUCTURA**

Una estructura es la unión de varios elementos que trabajan en conjunto para dar estabilidad a esta, se caracteriza por brindar comodidad en la distribución de espacios, seguridad al diseño estructural entre otros; esta compuesta principalmente por dos partes dentro de las que se cuentan la superestructura que hace referencia a la parte superior que sobresale del nivel del suelo y la cimentación o subestructura la cual es la parte inferior que se encuentra bajo el nivel del suelo.

### **3.2. 1 Cimentación**

La cimentación es la unión entre la superestructura y el suelo sobre el cual se apoya un edificio, su función es transmitir las cargas al suelo, el cual debe ser capaz de resistirlas, los esfuerzos así generados pueden ser transmitidos y disipadas a diferentes profundidades del suelo.

El sistema de cimentación del edificio J es un sistema superficial, ya que las características físicas y mecánicas del suelo de cimentación aportaron resultados eficientes, por dicha razón, la edificación no requirió un sistema de cimentación profunda, y se utilizaron zapatas aisladas, de 2.1m x 2.1m en promedio con un  $h=0.6m$ , unidas con vigas de amarre de 0.4m x 0.4m con una longitud promedio de 4m, adicionalmente se requirió de muros de contención de 6.1m x 3.1m en promedio, con un espesor de 0.2m para soportar las presiones del suelo.

#### **a) Zapatas.**

Las zapatas constituyen una clase de cimentación superficial, que se emplea en terrenos homogéneos y proporciona estabilidad a la estructura. Se elabora a base

de concreto reforzado, con el fin de que distribuyan fuertes cargas en extensas superficies. Los tipos de zapatas pueden ser por su forma de trabajar entre las que se encuentran zapatas aisladas, combinadas, continuas y arriostradas; por su morfología se cuentan macizas, aligeradas, rígidas y flexibles; y por su forma si son rectangulares, cuadradas, circulares y poligonales. (Pajón).

Para el desarrollo de este proyecto se trabajaron 12 tipos de zapatas y estos presentan una forma de sección rectangular ó cuadrada, clasificados desde Z1, hasta Z12, y dentro de cada sección subclasificados por sus dimensiones. Obteniendo un total de 56 zapatas, a continuación en la tabla 1 se describen los tipos de zapatas y su correspondiente sección. (Ver Anexo C )

**Tabla 1.** Tipo de Sección Zapatas

Tipo Zapata	Tipo Seccion	Dimensiones		
		b	l	h
Z1	C	1,2	1,2	0,6
Z2	C	1,5	1,5	0,6
Z3	C	1,7	1,7	0,6
Z4	C	2	2	0,6
Z5	C	2,2	2,2	0,6
Z6	C	2,6	2,6	0,6
Z7	C	2,7	2,7	0,6
Z8	R	2	1,6	0,6
Z9	C	2,2	2,2	0,6
Z10	R	2,4	3	0,6
Z11	R	7,7	1,5	0,6
Z12	R	3,5	4,3	0,6

#### **b) Vigas de amarre.**

La viga de amarre es una parte de la infraestructura o cimentación de una edificación y como tal sufre asentamientos en forma conjunta con las zapatas. (Suarez Díaz, 1991). Las vigas de este proyecto presentan una sección de 0.4 x

0.4 m, con una longitud promedio de 4 m. Para esta edificación se contó con un total de 98 vigas de amarre. (Ver Anexo E)

### c) Muros de contención.

Los muros son elementos constructivos y su principal objetivo es servir como, pantallas que retienen un material que debe conservar características como volumen, forma y sección, bien sea de un terreno natural, un relleno artificial o de un elemento a almacenar (Muñoz, 2001). Por ejemplo, un muro de contención de tierra, la banca de una vía o un tanque de almacenamiento de agua.

La estructura cuenta con 28 muros de contención ubicados sobre los ejes A, F, 1 y 10; estos varían dependiendo del eje en el que se encuentran. El dimensionamiento de los muros correspondientes al eje A es de 6 metros de longitud, espesor de 0.20 metros y altura de 3.21 metros; los pertenecientes al eje F son de longitud de 6 metros, espesor de 0.20 metros y altura de 2.76 metros, los ubicados sobre los ejes 1 y 10 son de espesor de 0.20 metros, y varía la longitud entre 5 metros y 7.5 metros, con una altura igual para todos de 3.21 metros. A continuación se describen las diferentes dimensiones que tienen los muros de contención. (Ver anexo F)

**Tabla 2.** Dimensiones Muros de contención.

Dimensiones		
b	l	h
6,7	0,2	3,21
7,5	0,2	3,21
5	0,2	3,21
6,7	0,2	3,21
5	0,2	2,76
6	0,2	3,21
6	0,2	2,76

### 3.2. 2 Sistema Estructural y Superestructura

La superestructura hace referencia a todos los elementos que se encuentren ubicados desde el nivel del piso hacia arriba, la cual requiere de dos características fundamentales, la estabilidad y el diseño, lo que permite que las superestructuras tengan un impacto positivo y armónico en el espacio, sin dejar de cumplir con su naturaleza funcional. (Muñoz, 2001)

Los pórticos son estructuras que trabajan a flexión, están compuestos por la unión de vigas y columnas. Es la forma mas común en el medio para la construcción de edificaciones (Wiley, 2001). El sistema estructural utilizado en la construcción de este proyecto fue un sistema tipo pórtico, debido a que este sistema es el que permite la mayor libertad en la propuesta arquitectónica, cumpliendo con los requerimientos estructurales de la normatividad.

El proyecto tiene luces máximas de 7.5m, cinco pisos incluido el sótano, el primer nivel es la biblioteca, el segundo nivel son oficinas, y los dos últimos niveles son aulas de clase. Presenta una altura libre promedio de 2.77 m; desde el tercer nivel el edificio se divide en dos torres, una de ellas cuenta con área promedio de 403,38 m<sup>2</sup>, y la otra, mas pequeña cuenta con un área de 300 m<sup>2</sup>.

El edificio J cuenta con un sótano de 1679 m<sup>2</sup>, donde se ubican las 62 columnas representadas en 14 tipos, un primer piso de 1964 m<sup>2</sup>, con 39 columnas, el segundo piso de 2550 m<sup>2</sup>, con 32 columnas, un tercer piso de 820 m<sup>2</sup>, con 32 columnas, y un cuarto piso con un área aproximada de 73 7m<sup>2</sup>, con 28 columnas.

- **Columnas**

Las columnas son elementos verticales que transmiten carga axial de compresión, reciben cargas verticales de pisos y techo y las transmiten a la cimentación, su

adecuado tamaño, forma, dimensión, distribución y composición influyen de manera directa en su capacidad de carga. Son muy utilizadas porque proporcionan comodidad para distribuir espacios al tiempo que cumple con su función. En este proyecto se encuentran 14 tipos de columnas, clasificadas por su sección, para un total de 183 columnas, ubicando en el sótano 62 de ellas. A continuación en la tabla 3 se enuncian los tipos de columnas, sección, dimensiones y se indica hasta que nivel llega la columna. (Ver Anexo D)

**Tabla 3.** Tipo de sección Columnas.

Tipo Columna	Tipo Sección	Dimensiones				Nivel
		b	h	$\phi$	l	
C1	R	0,4	0,6		3,81	1
C2	R	0,4	0,6		3,21	5
C3	R	0,4	0,6		3,81	2
C4	R	0,5	0,6		3,81	5
C5	C			0,4	3,81	1
C6	R	0,5	0,6		3,21	2
C7	R	0,5	0,6		3,81	5
C8	R	0,5	0,6		3,81	1
C9	R	0,5	0,6		3,81	2
C10	R	0,4	0,6		3,21	3
C11	R	0,6	0,6		3,21	2
C12	R	0,4	0,4		3,21	2
C13	R	0,6	0,7		3,81	2
C14	R	0,6	0,7		3,21	2

- **Placas de entre piso.**

Son estructuras tridimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas, estos elementos se encuentran soportados por las columnas y vigas aéreas (Muñoz, 2001). Para este proyecto se encuentra un placa de espesor 0.10 metros para el sótano, la entreplaca del primer piso tiene un espesor de 0.45 metros, para el segundo piso tiene un espesor de 0.55 metros y para el tercer, cuarto piso y la cubierta es de 0.45 metros, tal como se muestra en la tabla 4.



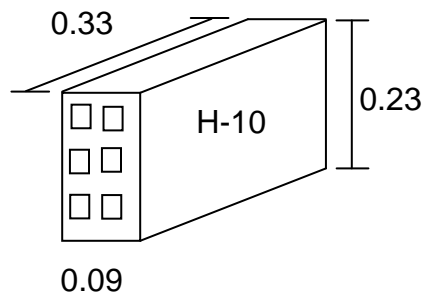
**Tabla 4.** Espesores placas de entrapiso

Nivel	e
Sotano	0,1
1	0,45
2	0,55
3	0,45
4	0,45
Cubierta	0,45

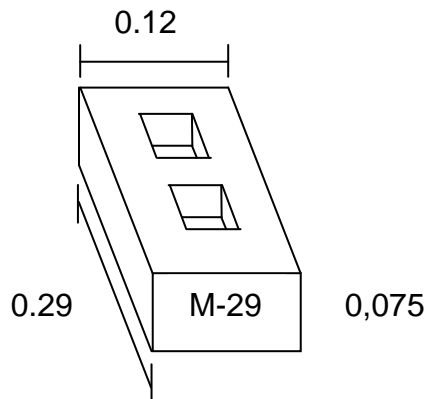
### 3.3 MAMPOSTERÍA

La mampostería se fundamenta en la organización de elementos iguales puestos manualmente en secuencias y sentidos que permiten un acople y funcionamiento óptimo en la construcción de muros (Gallego, 1993). Para este proyecto se utilizó mampostería con bloque H-10 (Ver Figura 3), utilizado para muro, murete y muro divisorio. Y el bloque M-29 (Ver Figura 4) fue utilizado para los muros a la vista y el enchape de columnas. Estos dos tipos de ladrillos presentan las siguientes dimensiones: (Ver Anexo G)

**Figura 3.** Dimensiones ladrillo H-10



**Figura 4.** Dimensiones ladrillo M-29



- **Murete:** Son los muros que se elaboran para las ventanas, generalmente los colocados bajo los vanos de las ventanas (muros de antepecho).
- **Muro:** son elementos elaborados en mampostería que son divisorios y además pueden soportar carga.
- **Muro Divisorio:** elemento elaborado en mampostería cuya finalidad es únicamente la de dividir los diferentes espacios.
- **Enchape columna:** consiste en pegar la mampostería alrededor de la columna, con el fin de conseguir una apariencia arquitectónica más agradable.
- **Muro Fachada:** son los muros que generalmente se dejan a la vista, en los frentes de las edificaciones, deben quedar bien definidos, con ancho de brecha homogéneos, y completamente libres de concreto o cualquier otro material que pueda desmejorar su apariencia.

#### 4. TOMA DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Con la información existente sobre las actividades estudiadas, relacionadas mediante tabulaciones y caracterizadas con cada uno de los requisitos para encontrar los rendimientos, se procedió a formular los cálculos utilizando la metodología de promedio de resultados. Seguidamente se realizó un mecanismo que permitiera por criterios prácticos y analíticos el cálculo de los rendimientos, para esto se realizó una tabla matriz donde se procesa toda la información y esta arroja como resultado final los rendimientos de mano de obra para cada una de las actividades.

##### 4.1 DISEÑO DE LA MATRIZ DE ELEMENTOS

Para la toma de información se diseñó una matriz de datos que incluyera la mayor cantidad de información posible para cada actividad. Los rendimientos calculados en la matriz de elementos se encuentran explicados a continuación para lo cual se toma como ejemplo la tabla matriz de columnas.

**Figura 5.** Datos columna

DATOS COLUMNA									
TC	TS	Dimensiones				Vol. m <sup>3</sup>	Ubicación		
		b	h	$\phi$	l		Eje X	Eje Y	Eje Z

- **TC:** Tipo de columna, en los planos se encuentran 14 tipos de columnas, que dependen de su dimensión.

- **TS:** Tipo de sección, que se clasifican según su forma cuadradas y rectangulares.

### **DIMENSIONES**

- **B:** Ancho que presenta la sección de la columna, la unidad de medida esta dada en metros.
- **H:** Altura que presenta la sección de la columna, la unidad de medida esta dada en metros.
- $\phi$ : es el diámetro que presenta la sección de columna, dado en metros.
- **L:** Longitud libre que presenta la columna. La unidad de medida esta dado en metros.
- **Vol. m<sup>3</sup>:** Volumen total que presenta el elemento. Es el producto de las dimensiones y su unidad de medida es m<sup>3</sup>.

### **UBICACIÓN**

- **Eje X:** es la ubicación en las abscisas en planta donde se encuentra la columna.
- **Eje Y:** es la ubicación según las coordenadas en planta donde se encuentra la columna.
- **Eje Z:** es el nivel o planta en el cual se encuentra ubicada la columna.

**Figura 6.** Mediciones Columnas

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

- **Tarea:** se especifica que tipo de actividad se realizo, R: acero de refuerzo, E: encofrado, F: fundida y D: desencofrado.
- **Fecha:** se anota el día en que se realiza la toma de la observación para tener una idea general de los datos.

## PERSONAL

- **Ofic:** Oficial, en esta casilla se indica el número de oficiales que laboraron en la actividad.
- **Ayud:** Ayudantes, en esta casilla se indica el número de ayudantes que laboraron en la actividad.
- **Ce:** Cuadrilla equivalente, en esta casilla se indica la relación de ayudantes correspondientes por cada oficial.

## HORA

- **Inicio:** este parámetro hace referencia al momento en el cual se inicia con la toma de datos y su unidad de medida en tiempo es la hora.
- **Final:** este parámetro hace referencia al momento en el cual el personal deja de realizar la actividad. La unidad de medida esta dada en horas.

## DURACIÓN

- **Bruta:** es el tiempo total en el que se hace la toma de datos. La unidad de medida esta dado en minutos.
- **Dcto:** Descuentos, es el tiempo en que la cuadrilla hace una pausa, y deja de realizar la actividad. Dado en minutos.
- **Neta:** es la duración sin descuentos, es la resta de la duración bruta menos los descuentos. La unidad de medida son los minutos.
- **Avance %:** es el porcentaje de ejecución de la actividad durante el tiempo de la toma de datos.

## DURACIÓN PROYECTADA

- **Min:** es la proyección de la duración neta al 100%. Su unidad de medida esta dada en minutos.
- **Hora:** es la duración proyectada en horas.

## RENDIMIENTO

- **Hr/m<sup>3</sup>**: Es el resultado obtenido de la relación entre la duración proyectada (horas) y de cantidad de obra ejecutada.

A continuación se presenta una sección de la tabla matriz de elementos, la cual contiene únicamente las actividades estudiadas:

Tabla 5. Tabla Matriz Columnas

DATOS COLUMNA										MEDICIONES													
TC	TS	Dimensiones				Vol. m3	Ubicación			Tarea	Fecha	Personal			Hora		Duración Medida (Minutos)			Avance	Duración Proy		Rendimiento
		b	h	φ	l		Eje X	Eje Y	Eje Z			Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta	%	Min.	Hora	Hr/m3
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	7	A	2	D	7-may	1	1	1	7:03	8:08	65	0	65	100	65	1,08	1,41
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	3	A	3	D	16-may	1	1	1	9:45	10:39	54	0	54	100	54	0,90	1,17
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	4	A	3	D	16-may	1	1	1	8:36	9:53	77	0	77	100	77	1,28	1,67
3	R	0,4	0,6		3,81	0,914	10	E	1	D	3-abr	1	1	1	8:34	9:00	26	0	26	100	26	0,43	0,47
1	R	0,4	0,6		3,81	0,914	3	F	1	E	4-jul	1	1	1	8:45	10:50	125	24	101	100	101	1,68	1,84
10	R	0,4	0,6		3,21	0,770	10	A	3	E	29-jun	1	1	1	8:35	10:00	85	0	85	65	131	2,18	2,83
10	R	0,4	0,6		3,21	0,770	10	B	3	E	29-jun	1	1	1	8:35	10:00	85	0	85	75	113	1,89	2,45
1	R	0,4	0,6		3,81	0,914	6	F	1	R	4-abr	1	1	1	7:59	11:42	223	6	217	100	217	3,62	3,96
1	R	0,4	0,6		3,81	0,914	7	F	1	R	2-abr	1	1	1	7:00	11:30	270	18	252	100	252	4,20	4,59
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	9	A	2	R	2-may	1	1	1	7:40	10:12	152	0	152	100	152	2,53	3,29
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	2	D	2	R	16-may	1	1	1	8:30	10:26	116	0	116	60	193	3,22	4,18
2	R	0,4	0,6		3,21	0,770	8	A	4	R	20-jun	1	1	1	8:51	10:00	69	0	69	50	138	2,30	2,99
3	R	0,4	0,6		3,21	0,770	10	E	2	R	2-may	1	1	1	9:27	10:45	78	0	78	40	195	3,25	4,22
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	5	E	1	D	12-abr	1	1	1	8:47	10:05	78	0	78	100	78	1,30	1,14
7	R	0,5	0,6		3,81	1,143	7	B	2	D	7-may	1	1	1	7:03	8:10	67	0	67	100	67	1,12	0,98
9	R	0,5	0,6		3,81	1,143	9	E	1	D	3-abr	1	1	1	7:00	8:19	79	0	79	100	79	1,32	1,15
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	6	D	1	E	4-abr	1	1	1	10:22	11:51	89	0	89	55	162	2,70	2,36
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	8	E	1	E	3-abr	1	1	1	9:32	12:00	148	0	148	100	148	2,47	2,16
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	7	D	2	E	7-may	1	1	1	7:06	8:50	104	0	104	100	104	1,73	1,80
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	7	D	3	E	7-jun	1	1	1	8:30	9:45	75	0	75	100	75	1,25	1,30
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	3	E	3	E	16-may	1	1	1	8:40	10:45	125	0	125	100	125	2,08	2,16
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	4	E	3	E	16-may	1	1	1	8:50	10:40	110	0	110	100	110	1,83	1,90
6	R	0,5	0,6		3,21	0,963	8	C	2	E	4-may	1	1	1	8:25	10:09	104	0	104	45	231	3,85	4,00
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	5	B	4	F	27-jun	4	14	3,5	4:10	4:52	42	0	42	100	126	2,10	2,18
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	5	D	1	R	4-abr	1	1	1	7:48	11:45	237	8	229	100	229	3,82	3,34
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	7	D	1	R	3-abr	1	1	1	9:47	12:00	133	20	113	100	113	1,88	1,65
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	5	E	1	R	4-abr	1	1	1	7:57	11:37	220	9	211	100	211	3,52	3,08
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	6	E	1	R	4-abr	1	1	1	7:46	10:53	187	15	172	100	172	2,87	2,51
4	R	0,5	0,6		3,81	1,143	7	E	1	R	3-abr	1	1	1	10:20	12:00	100	0	100	49	204	3,40	2,98
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	7	D	2	R	4-may	1	1	1	8:23	10:17	114	0	114	50	228	3,80	3,95
4	R	0,5	0,6		3,21	0,963	3	D	3	R	5-jun	1	1	1	8:34	10:08	94	0	94	30	313	5,22	5,42
11	R	0,6	0,6		3,81	1,372	10	D	1	E	30-mar	1	1	1	9:43	11:43	120	0	120	100	120	2,00	1,46
13	R	0,6	0,7		3,81	1,600	10	E	1	D	3-abr	1	1	1	8:34	9:00	26	0	26	100	26	0,43	0,27
13	R	0,6	0,7		3,21	1,348	10	E	2	R	2-may	1	1	1	9:27	10:45	78	0	78	40	195	3,25	2,41
5	C		0,4	3,81	0,479		4	C	1	E	30-abr	1	1	1	7:00	9:37	157	15	142	100	142	2,37	4,94
5	C		0,4	3,81	0,479		6	C	1	E	31-mar	1	1	1	10:00	11:31	91	0	91	100	91	1,52	3,17
5	C		0,4	3,81	0,479		7	C	1	E	31-jul	1	1	1	10:00	11:31	91	0	91	100	91	1,52	3,17

Tabla 6. Tabla Matriz Vigas

DATOS VIGAS DE AMARRE							MEDICIONES													
b	e	l	Vol. M3	Eje X	Eje Y	Eje Z	Tarea	Fecha	Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta	Avance %	Min.	Hora	Hr/m3
0,4	0,4	4,3	0,688	4	D-E	1	R	02-abr	1	2	2	9:15	10:23	68	0	68	58	106	1,76	2,56
0,4	0,4	3,3	0,528	4	E-F	1	R	03-abr	1	1	1	9:40	10:55	75	22	53	100	53	0,88	1,67
0,4	0,4	3,3	0,528	5	E-F	1	D	04-abr	1	0	0	9:15	9:53	38	0	38	100	42	0,70	1,32
0,4	0,4	3,3	0,528	6	E-F	1	D	04-abr	1	0	0	8:15	8:30	15	0	15	100	17	0,28	0,52
0,4	0,4	3,3	0,528	7	E-F	1	R	29-mar	1	2	2	10:07	10:30	23	0	23	100	21	0,35	0,65
0,4	0,4	3,3	0,528	7	E-F	1	F	30-mar	1	1	1	10:23	11:21	58	0	58	100	58	0,97	1,83
0,4	0,4	3,4	0,544	D	2-3	1	R	09-abr	1	1	1	9:46	10:10	24	0	24	50	48	0,80	1,47
0,4	0,4	3,4	0,544	D	3-4	1	R	09-abr	1	1	1	8:37	9:45	68	15	53	100	53	0,88	1,62
0,4	0,4	3,4	0,544	D	4-5	1	D	04-abr	1	0	0	8:00	8:30	30	0	30	100	33	0,55	1,01
0,4	0,6	4,35	1,044	D	9-10	1	F	29-mar	4	9	2,25	11:41	12:25	44	0	44	100	154	2,57	2,46
0,4	0,4	3,8	0,608	E	4-5	1	F	03-abr	1	1	1	8:22	9:27	65	15	50	30	167	2,78	4,57
0,4	0,4	3,8	0,608	E	5-6	1	D	04-abr	1	0	0	7:33	8:47	74	23	51	100	56	0,94	1,54
0,4	0,4	4,8	0,768	F	6-7	1	R	02-abr	1	1	1	7:15	10:36	201	15	186	100	186	3,10	4,04
0,4	0,4	4,8	0,768	F	7-8	1	F	29-mar	1	3	3	8:48	9:57	69	15	54	100	43	0,72	0,94
0,4	0,4	4,8	0,768	F	7-8	1	E	29-mar	1	1	1	9:52	11:21	89	0	89	100	89	1,48	1,93
0,4	0,4	5,8	0,928	1	B-C	2	D	23-abr	1	1	1	7:58	10:25	147	0	147	100	147	2,45	2,64
0,4	0,4	3,85	0,616	B	1-2	2	R	09-may	1	3	3	7:20	9:00	100	0	100	100	80	1,33	2,16
0,4	0,4	3,3	0,528	B	4-5	2	R	04-may	3	6	2	8:15	10:19	124	0	124	80	419	6,98	13,21
0,4	0,4	3,3	0,528	B	7-8	2	R	23-abr	1	3	3	8:55	11:15	140	0	140	100	112	1,87	3,54
0,4	0,4	4,5	0,720	C	3-4	2	R	09-may	1	2	2	9:00	10:15	75	0	75	100	68	1,13	1,56
0,4	0,4	3,95	0,632	D	8-9	2	R	25-abr	1	3	3	8:00	11:00	180	0	180	90	160	2,67	4,22
0,4	0,4	4,25	0,680	E	1-2	2	R	07-jun	2	4	2	8:40	10:06	86	0	86	45	344	5,73	8,43
0,4	0,4	3,8	0,608	E	4-5	2	R	04-may	3	6	2	8:15	10:19	124	0	124	80	419	6,98	11,47
0,4	0,4	3,8	0,608	E	6-7	2	R	27-abr	1	1	1	8:30	9:00	30	0	30	30	100	1,67	2,74
0,4	0,4	4,35	0,696	10	A-B	3	R	20-abr	1	3	3	10:12	10:53	41	0	41	73	45	0,75	1,08
0,4	0,6	4,35	1,044	C	9-10	3	R	23-abr	1	2	2	7:10	10:32	202	0	202	100	182	3,03	2,90
0,4	0,4	3,9	0,624	E	7-8	3	R	16-may	1	3	3	8:39	10:42	123	0	123	77	128	2,13	3,41



**Tabla 7.** Tabla Matriz Muros de Contención.

DATOS MUROS DE CONTENCIÓN							MEDICIONES														
b	e	l	Vol. M3	Eje X	Eje Y	Eje Z	Tarea	Fecha	Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta	Avance %	Min.	Hora	Hr/m3	
<b>6,7</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	4,301	<b>10</b>	<b>A-B</b>	<b>1</b>	F	<b>31-mar</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	3,50	<b>9:19</b>	<b>10:54</b>	95	<b>56</b>	39	<b>100</b>	117	1,95	0,45	
<b>7,5</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	4,815	<b>10</b>	<b>B-C</b>	<b>1</b>	E	<b>02-abr</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	3,00	<b>7:27</b>	<b>11:38</b>	251	<b>15</b>	236	<b>58,3</b>	324	5,40	1,12	
5	0,2	3,21	3,210	10	B-C	1	F	03-abr	2	6	3,00	8:02	8:32	30	0	30	100	48	0,80	0,25	
<b>6,7</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	4,301	<b>10</b>	<b>C-D</b>	<b>1</b>	F	<b>09-abr</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	3,67	<b>9:21</b>	<b>9:55</b>	34	<b>0</b>	34	<b>100</b>	75	1,25	0,29	
6	0,2	3,21	3,852	A	2-3	1	E	31-mar	1	3	3,00	1:00	10:43	583	120	463	100	370	6	1,60	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	2-3	<b>1</b>	F	<b>03-abr</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	3,67	<b>8:04</b>	<b>9:20</b>	76	<b>0</b>	76	<b>100</b>	167	2,79	0,72	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	2-3	<b>1</b>	D	<b>04-abr</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	2,00	<b>7:00</b>	<b>9:43</b>	163	<b>15</b>	148	<b>100</b>	133	2,22	0,58	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	7-8	<b>1</b>	F	<b>29-mar</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	4,00	<b>8:50</b>	<b>9:41</b>	51	<b>0</b>	51	<b>100</b>	107	1,79	0,46	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	8-9	<b>1</b>	F	<b>29-mar</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	5,00	<b>9:41</b>	<b>12:17</b>	156	<b>90</b>	66	<b>100</b>	79	1,32	0,34	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	9-10	<b>1</b>	F	<b>31-mar</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	3,25	<b>8:36</b>	<b>9:18</b>	42	<b>0</b>	42	<b>100</b>	130	2,17	0,56	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,21</b>	3,852	A	9-10	<b>1</b>	D	<b>02-abr</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	4,00	<b>7:00</b>	<b>11:28</b>	268	<b>128</b>	140	<b>50</b>	196	3,27	0,85	
<b>6</b>	<b>0,2</b>	<b>2,76</b>	3,312	F	7-8	<b>1</b>	F	<b>12-abr</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	4,00	<b>8:00</b>	<b>9:42</b>	102	<b>0</b>	102	<b>100</b>	214	3,57	1,08	

**Tabla 8.** Tabla Matriz Zapatas

DATOS ZAPATAS						MEDICIONES																
TZ	TS	Dimensiones			Vol. m3	Ubicación			Tarea	Fecha	Personal			Hora		Duración Medida (Minutos)			Avance %	Duración Proy		Rendimiento
		b	h	l		Eje X	Eje Y	Eje Z			Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta		Min.	Hora	
<b>Z6</b>	<b>C</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>0,6</b>	4,056	<b>D</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	R	<b>02-abr</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7:15</b>	<b>7:25</b>	10	<b>0</b>	10	<b>100</b>	10	0,17	0,04
<b>Z6</b>	<b>C</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>0,6</b>	4,056	<b>D</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	D	<b>02-abr</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8:30</b>	<b>9:28</b>	58	<b>15</b>	43	<b>20</b>	215	3,58	0,88
<b>Z5</b>	<b>C</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>0,6</b>	2,904	<b>E</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	R	<b>02-abr</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7:45</b>	<b>7:49</b>	4	<b>0</b>	4	<b>100</b>	4	0,07	0,02
<b>Z5</b>	<b>C</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>0,6</b>	2,904	<b>E</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	D	<b>04-abr</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7:52</b>	<b>8:52</b>	60	<b>13</b>	47	<b>42</b>	123	2,05	0,71
<b>Z5</b>	<b>C</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>0,6</b>	2,904	<b>E</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	D	<b>04-abr</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7:00</b>	<b>8:40</b>	100	<b>14</b>	86	<b>100</b>	95	1,58	0,54
<b>Z1</b>	<b>C</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>	0,864	<b>F</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	E	<b>30-mar</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7:00</b>	<b>10:23</b>	203	<b>15</b>	188	<b>100</b>	132	2,19	2,54
<b>Z1</b>	<b>C</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>	0,864	<b>F</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	E	<b>30-mar</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7:00</b>	<b>10:00</b>	180	<b>15</b>	165	<b>100</b>	149	2,48	2,86

**Tabla 9. Tabla Matriz Mampostería**

DATOS MAMPOSTERIA								MEDICIONES														
TL	EL	Dimensiones						Fecha	Personal			Hora		Duración Medida (Min)			Avance %	Duración Proy		Rendim		
		lad/fila	# filas	Cant. Ladrillos	b (m)	h (m)	m2		Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Docto	Neta		filas puestas	lad. Puestos		Min.	Hora
H	Mu	17	2,5	42,50	5,77	0,59	3,40	17-jul	1		0	1:52	3:00	68	0	68	2,5	42,5	100	75	1,25	0,03
H	Mu	17	2,5	42,50	5,77	0,59	3,40	17-jul	1		0	3:15	4:27	72	0	72	2,5	42,5	100	79	1,32	0,03
H	Mu	17	1,5	25,50	5,77	0,35	2,02	17-jul	1		0	2:40	3:29	49	0	49	1,5	25,5	100	54	0,90	0,04
H	MD	10	11,5	115,00	3,39	2,75	9,32	27-jul	1		0	1:55	3:02	67	0	67	5	50	43,5	170	2,83	0,02
H	Mu	53	3,5	185,50	18,01	0,83	14,95	27-jul	1		0	1:00	3:22	142	0	142	2	106	57,1	273	4,56	0,02
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	27-jul	1		0	1:27	2:46	79	0	79	7	59,5	60,9	143	2,38	0,02
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	27-jul	1		0	2:46	4:05	79	0	79	7	59,5	60,9	143	2,38	0,30
H	M	17	11,5	195,50	5,77	2,75	15,87	3-ago	1		0	11:16	11:57	41	0	41	3,5	59,5	30,4	148	2,47	0,16
H	MD	17,5	12,5	218,75	5,94	2,99	17,76	4-ago	1		0	9:10	10:02	52	0	52	2,5	43,75	20	286	4,77	0,27
H	M	13,5	14	189,00	4,58	3,35	15,34	10-ago	1		0	2:07	3:16	69	0	69	7	94,5	50	152	2,53	0,16
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	17-ago	1		0	1:09	2:23	74	0	74	7	59,5	60,9	134	2,23	0,28
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	17-ago	1		0	2:28	3:51	83	0	83	7	59,5	60,9	150	2,50	0,32
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	17-ago	1		0	1:32	3:49	137	0	137	7	59,5	60,9	248	4,13	0,52
H	M	8,5	11,5	97,75	2,88	2,75	7,92	24-ago	1		0	2:51	4:12	81	0	81	7	59,5	60,9	146	2,44	0,31
H	MD	10	11,5	115,00	3,39	2,75	9,32	24-ago	1		0	1:43	3:45	122	0	122	5	50	43,5	309	5,14	0,55
H	MD	10	11,5	115,00	3,39	2,75	9,32	24-ago	1		0	2:50	4:03	73	0	73	5	50	43,5	185	3,08	0,33

DATOS MAMPOSTERIA								MEDICIONES															
TL	EL	Dimensiones						Fecha	Personal			Hora		Duración Medida (Min)			filas puestas	lad. Puestos	Avance %	Duración Proy			Rendim
		lad/fila	# filas	Cant. Ladrillos	b (m)	h (m)	m2		Ofic	Ayud	Ce	Inicio	Final	Bruta	Dcto	Neta				Min.	Hora	Hr/m2	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	11-ago	1		0	9:45	10:32	47	0	47	4	56	17,4	297	4,95	0,40	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	22-ago	1		0	3:19	4:58	99	0	99	4	56	17,4	626	10,44	0,84	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	22-ago	1		0	3:21	5:32	131	0	131	5	70	21,7	663	11,05	0,88	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	22-ago	1		0	3:20	5:00	100	0	100	9	81	30	367	6,11	0,58	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	22-ago	1		0	4:06	5:28	82	0	82	4	36	13,3	677	11,28	1,08	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	31-ago	1	1	1	1:24	2:30	66	0	66	20	180	66,7	99	1,65	0,16	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	31-ago	1		0	1:27	3:01	94	0	94	6	84	26,1	396	6,61	0,53	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	1-sep	1		0	9:48	11:32	104	0	104	7	98	30,4	376	6,26	0,50	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	1-sep	1		0	8:50	11:58	188	0	188	7	98	30,4	679	11,32	0,91	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	1-sep	1		0	9:02	10:30	88	0	88	8	72	26,7	363	6,05	0,58	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	1-sep	1		0	9:33	10:21	48	0	48	4	36	13,3	396	6,60	0,63	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	8-sep	1		0	9:03	11:26	143	0	143	8	112	34,8	452	7,54	0,60	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	8-sep	1	1	1	9:24	11:41	137	0	137	8	112	34,8	394	6,56	0,53	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	8-sep	1		0	9:53	10:51	58	0	58	6	54	20	319	5,32	0,51	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	15-sep	1	1	1	9:51	11:40	109	0	109	7	98	30,4	358	5,97	0,48	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	15-sep	1		0	9:50	11:17	87	0	87	9	81	30	319	5,32	0,51	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	15-sep	1		0	9:55	11:06	71	0	71	7	63	23,3	335	5,58	0,53	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	21-sep	1		0	9:34	11:32	118	0	118	6	84	26,1	498	8,29	0,66	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	21-sep	1		0	8:49	11:45	176	0	176	7	98	30,4	636	10,60	0,85	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	21-sep	1		0	1:17	2:46	89	0	89	6	84	26,1	375	6,25	0,50	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	21-sep	1		0	9:37	11:15	98	0	98	30	270	100	108	1,80	0,17	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	21-sep	1	1	1	1:02	2:03	61	0	61	20	180	66,7	92	1,53	0,15	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	21-sep	1	1	1	1:21	2:31	70	0	70	20	180	66,7	105	1,75	0,17	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	28-sep	1		0	2:53	4:30	97	0	97	6	84	26,1	409	6,82	0,55	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	28-sep	1		0	3:04	4:39	95	0	95	6	84	26,1	401	6,68	0,53	
M	EC	9	30	270,00	2,69	3,89	10,46	28-sep	1	1	1	4:26	5:29	63	0	63	20	180	66,7	95	1,58	0,15	
M	MV	14	23	322,00	4,19	2,98	12,49	29-sep	1		0	10:21	11:52	91	0	91	4	56	17,4	576	9,59	0,77	

## 4. 2 TOMA DE INFORMACIÓN EN CAMPO

Simultáneamente al proceso de construcción del edificio J, se diseñó un formato para llevar seguimiento de la ejecución de la obra, en ella se tuvieron en cuenta los aspectos más relevantes para la obtención de rendimientos, tales como ubicación, cantidad de mano de obra, porcentaje de obra ejecutado, y el tiempo empleado en dicha labor. Esta información fue utilizada para alimentar las matrices de datos explicadas en la sección anterior. Esto se llevó a cabo por medio de los auxiliares de campo y estudiantes de la facultad Carlos Gamboa y Eliécer Beltrán

La matriz de información realizada por los auxiliares contempló los siguientes parámetros: (Ver Anexo B)

- **Localización**, esto se refiere a la ubicación del elemento estudiado en cuanto a los ejes espaciales en x e y.
- **Proceso**, hace referencia a la identificación de la tarea realizada en un mismo elemento que se divide según el proceso constructivo.
- **Duración**, este parámetro se fundamenta en la toma de tiempos de inicio y finalización de cada una de las actividades ejecutadas, contemplando la hora y fecha.
- **Porcentaje C (%C)**, porcentaje de construcción alcanzado en el tiempo de toma de datos.
  
- **Mano de obra**, número de oficiales y ayudantes que laboraron en dicha actividad.
- **Observaciones**, espacio limitado para registrar situaciones anómalas o para información que facilitara el posterior cálculo y la identificación de cualquier alteración en el normal desarrollo del proyecto

De la toma de datos en campo se destacan algunos aspectos:

- Durante la ejecución de las labores de toma de datos, en los tiempos de receso ofrecidos a los trabajadores, algunos de estos se intercambiaban tareas y no retomaban la actividad inicial, generando dos rendimientos en una misma actividad.
- Los lapsos de tiempo destinados para la toma de datos no fueron suficientes, debido a que estaban sujetos a los horarios de los estudiantes auxiliares.
- Los porcentajes de ejecución de obra fueron determinados a criterio de los auxiliares en función de la proporción entre la cantidad de obra realizada y la cantidad total, pero sin una media de mayor precisión.

#### **4.3 FORMULAS DE CÁLCULO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

Retomando la información obtenida por los auxiliares de campo durante la ejecución de la obra, se procedió a tabularla en las matrices de elementos. Para un mayor entendimiento se toma como ejemplo la fundida de la columna 5B del cuarto piso, del día 27 de junio de 2007, a continuación se procede a mostrar cada una de las formulas y cálculos utilizados para la obtención de los rendimientos de este elemento:

- **Cálculo para el volumen**

Teniendo la ubicación del elemento se procedió a verificar que tipo de columna y la sección, con estos datos se obtuvieron las dimensiones. Para determinar el volumen se calculó el producto de las dimensiones (base, altura, longitud) mas la multiplicación de Pi cuartos por el diámetro al cuadrado, de esta forma, si la sección es rectangular la casilla del diámetro es cero y este hace que el volumen sea la multiplicación de la base por altura por la longitud; de lo contrario, si es la

base y la altura son las casillas que están en cero, el volumen corresponde a la multiplicación de la relación de Pi entre cuatro por el diámetro elevado al cuadrado.

$$b * h * l + \frac{\pi}{4} * \phi^2 = Vol$$

**Ecuación 1**

$$0.5 * 0.6 * 3.21 + \frac{\pi}{4} * 0^2 = 0.963m^3$$

- **Cálculo para la cuadrilla equivalente CE**

Debido a la necesidad de comparar los rendimientos de mano de obra obtenidos en los diferentes elementos estudiados, se estandarizó la mano de obra ya que para la realización de una misma actividad fueron utilizados diferentes cuadrillas, y por tanto esto no permite el equilibrio en cuanto al personal requerido para la ejecución de una actividad. Así que apoyados en la experiencia y tradición en la ejecución de las tareas de un proyecto, se trasladaron los rendimientos a una cuadrilla conformada por un oficial y un ayudante, o cuadrilla base.

Teniendo en cuenta la complejidad de ciertas actividades, es necesario trabajar con un mayor número de personas, y en algunas ocasiones el personal presentará una proporción diferente entre oficiales y ayudantes, tal es el caso de la actividad tomada como ejemplo, la cual presento una cuadrilla de 4 oficiales y 14 ayudantes como personal de trabajo, de lo cual se calcula la cuadrilla equivalente como la relación de el número de ayudantes entre el número de oficiales arrojando como resultado 3.5.

- **Cálculo para la duración bruta**

Para determinar la duración bruta se hace la diferencia entre la hora final y la hora inicial.

$$4:52 - 4:10 = 42 \text{ minutos}$$

- **Cálculo para la duración neta**

Al resultado de la duración bruta se le restan los descuentos que se hayan tenido en cuenta para la actividad; debido que la actividad escogida para el ejemplo es la fundida y esta no presenta ningún lapso de interrupción, entonces la duración neta es igual a la duración bruta

$$42 - 0 = 42 \text{ minutos}$$

- **Cálculo para la duración proyecta [min]**

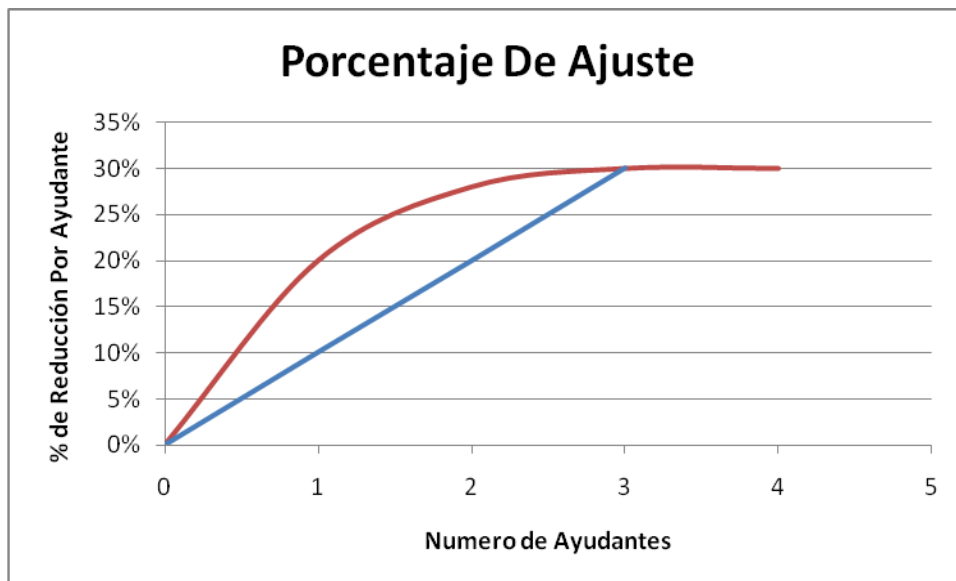
La cuadrilla está conformada por el oficial quien es la persona que determina el tiempo de ejecución de una actividad, ya que es el encargado de marcar el ritmo de trabajo, de aportar el conocimiento y la experiencia en una labor; y el ayudante de construcción quien facilita el trabajo, realizando labores tales como el transporte de materiales, insumos, equipos o realizando labores repetitivas en las cuales no es necesario el conocimiento, ni la mano de obra calificada; haciendo una reducción notoria del tiempo de ejecución en una actividad. Debido a ello para la elaboración de este informe se parte de la hipótesis que a mayor cantidad de ayudantes, menor duración de la actividad, con la observación que existe un límite de ayudantes.

Se asume el porcentaje de reducción de tiempo máximo posible con ayudantes es del 30%, y que cada ayudante adicional a la cuadrilla base puede reducir hasta un 10% el tiempo de ejecución de la actividad, mas no se presenta mas reducción de

tiempo así se adicione cualquier cantidad mas de ayudantes; pues la labor se terminará en el mismo tiempo en el que la realizaran una cuadrilla base y tres ayudantes adicionales; salvo que los trabajadores no presentaran situación de cansancio físico.

La reducción de tiempo debe ser un modelo exponencial decreciente, es decir, a mayor número de ayudantes, cada vez la reducción es mayor. No obstante para una mayor facilidad del modelo, se asume una reducción lineal, dando a cada ayudante un 10% de ajuste.

**Figura 7.** Modelo exponencial y lineal del porcentaje de ajuste



La metodología de ajuste real, parte de la base que cada oficial puede conformar una cuadrilla que trabaje en un frente (cuadrilla equivalente) de iguales características. Luego la duración de cada frente será igual a la duración total de la cuadrilla original multiplicada por el número de frentes.



Retomando el ejemplo de fundida para la columna con 4 oficiales y 14 ayudantes, tenemos cuatro frentes, conformados así: dos frentes distribuidos cada uno en: un oficial y tres ayudantes, y los otros dos frentes cada uno con un oficial y cuatro ayudantes (Ver Figura 8). El tiempo que llevó fundir la columna fue de 42 min, equivalentes a 0,7 Hr/m<sup>3</sup> con los cuatro frentes de trabajo.

4 Oficiales, 14 Ayudantes

$$42 \text{ min} = \frac{0.7 \text{ Hr}}{m^3 / 4Ce} = \frac{2.8 \text{ Hr. Ce}}{m^3}$$

**Figura 8.** Frentes de trabajo

1 Of	1 Of
3 Ayu.	3 Ayu.
1 Of	1 Of
4 Ayu.	4 Ayu.

Lo cual equivale al tiempo que demorara una sola cuadrilla en hacer todo el trabajo. La duración resultante debe ajustarse en función del número de ayudantes adicionales por cuadrilla equivalente. Para esto se divide el número total de ayudantes de la cuadrilla real entre el número de oficiales, de modo que el resultado menos uno será el número de ayudantes adicionales por cuadrilla equivalente, es decir,  $14/4=3.5$ , entonces  $3.5-1=2.5$ , que sería el número de ayudantes adicionales por cuadrilla equivalente. Finalmente el porcentaje de ajuste en tiempo será el producto de multiplicar el número de ayudantes adicionales por el 10% que aportaría cada uno,  $2.5 \times 10\% = 0.25$ .

Entonces los ayudantes adicionales aportan el 25% de descuento para la proyección del tiempo, es decir: se hace la multiplicación entre la duración neta en

minutos por el número de frentes, éste resultado se multiplica por la diferencia entre el 100% de ejecución y el porcentaje de descuento, que para este ejemplo sería del 25%.

$$D_{\text{neta}} * \text{No de frentes} * \{100\% - [10\% * (\text{No ayudantes adicionales})]\} = 126 \text{ min}$$

**Ecuación 2.**

$$42 * 4 * \{1 - [0.1 * (3.5 - 1)]\} = 126 \text{ min}$$

$$42 * 4 * \{1 - [0.1 * (3.5 - 1)]\} = 126 \text{ min}$$

- **Cálculo para la duración proyecta [hora]**

Para determinar la duración proyectada en horas se hace la relación de la duración proyectada en minutos entre los 60 min de una hora:

$$126 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = 2.10 \text{ horas}$$

- **Cálculo para el Rendimiento [Hr/m<sup>3</sup>]**

El rendimiento se determina de la relación entre el tiempo en horas empleado para la ejecución de la actividad por una cuadrilla base.

$$\frac{2.10 \text{ horas}}{0.963 \text{ m}^3} = 2.18 \text{ Hr/m}^3$$

Del mismo modo se realizaron los cálculos para cada una de los elementos estudiados, ya que todos mantienen las mismas características en cuanto al personal utilizado y al óptimo avance de estos en la ejecución de los trabajos.

## **5. ANÁLISIS DE RESULTADOS – ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD-**

Los análisis de resultados se determinaron por medio de las tablas dinámicas generadas por Excel, es decir, con la tabla matriz terminada, se produjo a crear la tabla dinámica, para llevar a cabo esto se seleccionó el rango de datos que se necesitó para el procesamiento de la información, después se seleccionaron los parámetros mas relevantes de la realización para lograr una mejor claridad en los análisis.

### **5.1 ZAPATAS**

Con la tabla 9 se contempló que se realizaron siete tomas de datos en total y todas para zapatas de sección cuadrada, las cuales corresponden a las actividades de desencofrado, encofrado y refuerzo. Para la actividad de desencofre se realizaron tres tomas de datos, las cuales correspondieron dos para las zapatas de sección 2.2 x 2.2 obteniendo de esta un promedio de rendimiento de 0.62 Hr/m<sup>3</sup>, y una para las zapata con sección de 2.6 x 2.6 de donde se obtuvo un promedio de 0,88 Hr/m<sup>3</sup>, para el promedio general de la actividad la tabla dinámica realiza un promedio ponderado dando como resultado 0.71 Hr/m<sup>3</sup>.

Para la actividad de encofrado el promedio se realizo para dos zapatas de sección 1.2 x 1.2 m, dando una suma de 1.73 m<sup>3</sup>, un promedio del volumen de 0.86 m<sup>3</sup> y un promedio ponderado para el rendimiento de 2.70 Hr/m<sup>3</sup>. Y para el acero de refuerzo se obtuvo dato de una zapata con sección 2.2 x 2.2 m con un rendimiento promedio de 0.02 Hr/m<sup>3</sup>, y una zapata con sección de 2.6 x 2.6 m con 0.04 Hr/m<sup>3</sup> de rendimiento promedio.

**Tabla 10. Zapatas.**

Tarea	b	h	Datos			
			Cuenta de Tarea	Suma de Vol. M3	Promedio de Vol. M3	Promedio de Hr/m3
D	2,2	2,2	2,00	5,81	2,90	0,62
	Total 2.2		2,00	5,81	2,90	0,62
	2,6	2,6	1,00	4,06	4,06	0,88
	Total 2.6		1,00	4,06	4,06	0,88
Total D			3,00	9,86	3,29	0,71
E	1,2	1,2	2,00	1,73	0,86	2,70
	Total 1.2		2,00	1,73	0,86	2,70
Total E			2,00	1,73	0,86	2,70
R	2,2	2,2	1,00	2,90	2,90	0,02
	Total 2.2		1,00	2,90	2,90	0,02
	2,6	2,6	1,00	4,06	4,06	0,04
	Total 2.6		1,00	4,06	4,06	0,04
Total R			2,00	6,96	3,48	0,03
Total general			7,00	18,55	2,65	1,09

Fuente: Propia

## 5. 2 COLUMNAS

Para esta actividad se tuvieron en cuenta todas las tareas necesarias para elaborar dicho elemento. Se obtuvieron 37 datos, todos para columnas con tipo de sección rectangular. De las 37 columnas, ocho pertenecían al desencofrado del elemento, con un volumen total para todas estas ocho columnas de 8.25 m<sup>3</sup>, un promedio de 1.03 m<sup>3</sup> y el promedio de rendimiento para desencofrado fue de 1.03 Hr/m<sup>3</sup>.

En el encofrado se pudo observar que el promedio ponderado para las columnas rectangulares fue muy similar para las columnas donde se había hecho una toma de datos significativa, es decir donde los datos procesados eran mas de tres; para el encofrado se determino un rendimiento de 2.54 Hr/m<sup>3</sup>, 1.91 Hr/m<sup>3</sup> para fundida

haciendo la salvedad que para la fundida solo se presento un dato, y 3,47 Hr/m<sup>3</sup> para el armado de acero de refuerzo, que se obtuvo del promedio ponderado de los 14 datos tomados en obra.

**Tabla 11. Columnas**

Tarea	b	h	TS	Datos			
				Cuenta de TC	Suma de Vol. M3	Promedio de Vol. M3	Promedio de Hr/m3
<b>D</b>	0,4	0,6	R	4,00	3,23	0,81	1,18
	0,5	0,6	R	3,00	3,43	1,14	1,09
	0,6	0,7	R	1,00	1,60	1,60	0,27
<b>Total D</b>				<b>8,00</b>	<b>8,25</b>	<b>1,03</b>	<b>1,03</b>
<b>E</b>	0,4	0,6	R	3,00	2,46	0,82	2,37
	0,5	0,6	R	7,00	7,10	1,01	2,24
	0,6	0,6	R	1,00	1,37	1,37	1,46
	(en blanco)	(en blanco)	C	3,00	1,44	0,48	3,76
<b>Total E</b>				<b>14,00</b>	<b>12,36</b>	<b>0,88</b>	<b>2,54</b>
<b>F</b>	0,5	0,6	R	1,00	0,96	0,96	1,91
<b>Total F</b>				<b>1,00</b>	<b>0,96</b>	<b>0,96</b>	<b>1,91</b>
<b>R</b>	0,4	0,6	R	6,00	4,91	0,82	3,87
	0,5	0,6	R	7,00	7,64	1,09	3,27
	0,6	0,7	R	1,00	1,35	1,35	2,41
<b>Total R</b>				<b>14,00</b>	<b>13,90</b>	<b>0,99</b>	<b>3,47</b>
<b>Total general</b>				<b>37,00</b>	<b>35,48</b>	<b>0,96</b>	<b>2,55</b>

### 5. 3 VIGAS DE AMARRE

El proyecto está conformado por 400 vigas con longitud promedio de 4 m, y la mayoría de ellas con sección de 0.4 x 0.4 m, a las cuales se le hizo un seguimiento a 27 ellas siendo el 6.75% de los datos procesados. De la tabla matriz se obtuvieron los promedio para las actividades de desencofrado, encofrado, fundida y acero de refuerzo.

Se obtuvieron cinco datos para la actividad de desencofre, estas vigas tienen una longitud promedio de 3,92m, suman un volumen total entre ellas de 3.14m<sup>3</sup>, el

promedio de volumen es de 0.63 m<sup>3</sup> y el rendimiento de esta actividad es de 1.41 Hr/m<sup>3</sup>. Para la actividad de encofrado se obtuvo un dato, la viga presenta una longitud de 4.8 m, tiene un volumen de 0.77 m<sup>3</sup> y un rendimiento de 1,93 Hr/m<sup>3</sup>. En la actividad de fundida se presentaron cuatro datos, los cuales tienen un volumen en total de 2.95 m<sup>3</sup>, el promedio del volumen es de 0.74 m<sup>3</sup> y un rendimiento para esta actividad de 2.45 Hr/m<sup>3</sup>.

Y para la actividad de acero de refuerzo se trabajó con 17 vigas, 16 de ellas con sección 0.4 x 0.4 m y con una longitud promedio de 3.84 m, se obtuvo un volumen total de 9,84 m<sup>3</sup>, con un promedio de 0.62 m<sup>3</sup>, y un rendimiento para esta sección de 3.99 Hr/m<sup>3</sup>, y una última viga de sección 0.4 x 0.6 m con una longitud de 4.35 m, un volumen de 1.04 m<sup>3</sup> y un promedio de rendimiento para esta sección de 2.9 Hr/m<sup>3</sup>, y se determina un rendimiento general por medio de un promedio ponderado entre estos datos, dando como resultado final 3.93 Hr/me de rendimiento para el armado de acero de refuerzo para una viga.

#### **Tabla 12. Vigas De Amarre**

				Datos			
Tarea	b	h	l	Cuenta de Tarea	Suma de Vol. M3	Promedio de Vol. M3	Promedio de Hr/m3
<b>D</b>	0,4	0,40	3,30	2,00	1,06	0,53	0,92
			3,40	1,00	0,54	0,54	1,01
			3,80	1,00	0,61	0,61	1,54
			5,80	1,00	0,93	0,93	2,64
		Total 0.4		5,00	3,14	0,63	1,41
	Total 0.4			5,00	3,14	0,63	1,41
<b>Total D</b>				5,00	3,14	0,63	1,41
<b>E</b>	0,4	0,40	4,80	1,00	0,77	0,77	1,93
		Total 0.4		1,00	0,77	0,77	1,93
	Total 0.4			1,00	0,77	0,77	1,93
<b>Total E</b>				1,00	0,77	0,77	1,93
<b>F</b>	0,4	0,40	3,30	1,00	0,53	0,53	1,83
			3,80	1,00	0,61	0,61	4,57
			4,80	1,00	0,77	0,77	0,94
		Total 0.4		3,00	1,90	0,63	2,45
		0,6	4,35	1,00	1,04	1,04	2,46
		Total 0.6		1,00	1,04	1,04	2,46
	Total 0.4			4,00	2,95	0,74	2,45
<b>Total F</b>				4,00	2,95	0,74	2,45
<b>R</b>	0,4	0,40	3,30	4,00	2,11	0,53	4,77
			3,40	2,00	1,09	0,54	1,55
			3,80	2,00	1,22	0,61	7,11
			3,85	1,00	0,62	0,62	2,16
			3,90	1,00	0,62	0,62	3,41
			3,95	1,00	0,63	0,63	4,22
			4,25	1,00	0,68	0,68	8,43
			4,30	1,00	0,69	0,69	2,56
			4,35	1,00	0,70	0,70	1,08
			4,50	1,00	0,72	0,72	1,56
			4,80	1,00	0,77	0,77	4,04
		Total 0.4		16,00	9,84	0,62	3,99
		0,6	4,35	1,00	1,04	1,04	2,90
		Total 0.6		1,00	1,04	1,04	2,90
	Total 0.4			17,00	10,88	0,64	3,93
<b>Total R</b>				17,00	10,88	0,64	3,93
<b>Total general</b>				27,00	17,74	0,66	3,17

#### 5. 4 MUROS DE CONTENCIÓN

Para el proyecto la totalidad de los muros de contención son 29, y la muestra que correspondiente fue de 41.38% representados en 12 muros estudiados. Para este

elemento se contó con la toma de datos de encofrado, desencofrado y fundida, se obtuvo un promedio de 2.27 Hr/m<sup>3</sup> para el desencofrado, 5.13 Hr/m<sup>3</sup> en encofrado y 0.68 Hr/m<sup>3</sup> de fundida. Se contó con dos datos para el desencofrado, los cuales corresponden a muros con longitud de 6 m y con una altura de 3.21m, con un volumen entre los dos de 7.70 m<sup>3</sup> y un volumen promedio de 3.85 m<sup>3</sup>.

Para el análisis de la actividad de encofrado se contó con dos muros que tenían las mismas dimensiones que en la actividad anterior, por tanto la suma de los volúmenes y el promedio de estos es el mismo. Para la actividad de armado de acero de refuerzo se estudiaron siete muros, de los cuales un muro tiene una altura de 2.76 m y una longitud de 6 m, obteniendo así un volumen de 3.31 m<sup>3</sup> y un rendimiento de 1.44 Hr/m<sup>3</sup>. Los otros seis muros tienen dimensiones de 3.21 m y 6m de longitud tienen un volumen promedio de 3.85 m<sup>3</sup> y un rendimiento de 0.57 Hr/m<sup>3</sup>.

**Tabla 13. Muros De Contención**

			Datos			
Tarea	l	b	Cuenta de Tarea	Suma de Vol. M3	Promedio de Vol. M3	Promedio de Hr/m3
D	3,21	6	2,00	7,70	3,85	2,27
	Total 3.21		2,00	7,70	3,85	2,27
<b>Total D</b>			<b>2,00</b>	<b>7,70</b>	<b>3,85</b>	<b>2,27</b>
E	3,21	6	2,00	7,70	3,85	5,13
	Total 3.21		2,00	7,70	3,85	5,13
<b>Total E</b>			<b>2,00</b>	<b>7,70</b>	<b>3,85</b>	<b>5,13</b>
F	2,76	6	1,00	3,31	3,31	1,44
	Total 2.76		1,00	3,31	3,31	1,44
	3,21	6	7,00	26,96	3,85	0,57
	Total 3.21		7,00	26,96	3,85	0,57
<b>Total F</b>			<b>8,00</b>	<b>30,28</b>	<b>3,78</b>	<b>0,68</b>
<b>Total general</b>			<b>12,00</b>	<b>45,68</b>	<b>3,81</b>	<b>1,68</b>



## 5.5 MAMPOSTERÍA

La mampostería no está clasificada por ubicación, para esta actividad se trabajó con el tipo de elemento que se elaboró en el momento que se hizo la toma de datos, tal como, Muro, Murete, Muro Divisorio, Muro a la Vista y Enchape de Columna. Relacionados así:

M: Muro

Mu: Murete

MD: Muro Divisorio

MV: Muro a la Vista

EC: Enchape de columna

El análisis de rendimiento para la mampostería se dividió en dos, dependiendo del tipo de ladrillo que presente cada elemento estudiado, para ladrillo H-10 y para ladrillo M-29. Para el elemento muro se estudiaron 8, los cuales presentan una totalidad de 78.73 m<sup>2</sup> y un tiempo total de ejecución de 21.05 horas logrando así para un rendimiento de 0.29 Hr/m<sup>2</sup>. Para el muro divisorio se estudiaron cuatro elementos con una área total de 45.73 m<sup>2</sup>, y un tiempo total de ejecución de 15.81 m<sup>2</sup>, para un rendimiento de 0.36 Hr/m<sup>2</sup>. Para los cuatro muretes estudiados se obtuvo un área total de 23.78 m<sup>2</sup>, y un tiempo de ejecución de 8.02 horas, obteniendo un rendimiento de 0.38 Hr/m<sup>2</sup>, de esta forma se obtiene el rendimiento general de 0.33 Hr/m<sup>2</sup> para la mampostería con ladrillo H-10.

Para el enchape de columna se tuvieron en cuenta 12 elementos, los cuales arrojaron un resultado de 125.57 m<sup>2</sup> de mampostería y 54.54 horas, dando como rendimiento de la mano de obra 0.43 Hr/m<sup>2</sup>, y para los muros a la vista se analizó una muestra de 15 elementos, de donde se obtuvo 187.29 m<sup>2</sup> y 118.94 horas, arrojando como resultado 0.64 Hr/m<sup>2</sup> de rendimiento de mano de obra para muros

a la vista, del cual se puede concluir que el rendimiento para ladrillo M-29 es de 0.55 Hr/m<sup>2</sup>.

**Tabla 14.** Mampostería

		Datos			
TL	EL.	Cuenta de EL.	Suma de m <sup>2</sup>	Suma de Hora	Promedio de Hr/m <sup>2</sup>
H	M	8,00	78,73	21,05	0,29
	MD	4,00	45,73	15,81	0,36
	Mu	4,00	23,78	8,02	0,38
Total H		16,00	148,24	44,89	0,33
M	EC	12,00	125,57	54,54	0,43
	MV	15,00	187,29	118,94	0,64
Total M		27,00	312,86	173,49	0,55
Total general		43,00	461,10	218,37	0,47

**Tabla 15.** Rendimientos Edificio J y Construdata

ELEMENTO	Un	R	E	F	D	SUMA	CONSTRUDATA
ZAPATA	m <sup>3</sup>	0,03	2,7		0,71	3,44	8,27
COLUMNA	m <sup>3</sup>	3,47	2,54	1,91	1,03	8,95	10,29
VIGAS	m <sup>3</sup>	3,93	2,45	1,93	1,41	9,72	6,89
MUROS DE CONTEN	m <sup>3</sup>	2,22	5,13	0,68		8,03	10,68
MAMPOSTERIA H-10	m <sup>2</sup>					0,33	0,72
MAMPOSTERIA M-29	m <sup>2</sup>					0,55	1,06

- Ya que no se tiene conocimientos de la forma como Construdata maneja los rendimientos debido a que tienen un valor global de la actividad, sin tener en cuenta cada una de las etapas en que se realiza la totalidad del elemento.
  - Como existen actividades que se pueden traslapar tales como el armado de acero de refuerzo y el formateado, y otras que necesitan cierta holgura como la fundida y el desencofrado, no se pueden sumar los rendimientos obtenidos.

## **6. RENDIMIENTOS GLOBALES**

Los rendimientos globales son el resultado del avance de obra en tiempo según el registro fotográfico diario que se llevó a cabo durante la totalidad de la ejecución de obra; ya que estos rendimientos son hallados por medio de imágenes sin escala los resultados no son completamente exactos.

A continuación se presenta una nueva propuesta metodológica simple para la determinación de los rendimientos globales, se describe la determinación de los rendimientos globales y se clasifican dependiendo del elemento estudiado.

### **6.1 PROPUESTA DE METODOLOGÍA**

Para la determinación de rendimientos por medio del registro fotográfico, se desarrolló una metodología de evaluación de un día a la semana, la cual permite determinar el desarrollo y ejecución de la estructura, teniendo en cuenta las variables y el grado de dificultad de las mismas, así también como las variaciones climáticas, esto permite tener un acercamiento mas real, y mas exacto de lo que podría ser el rendimiento de mano de obra en la construcción de estructuras de este tipo.

### **6.2 DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS GLOBALES**

Para hallar los rendimientos globales se hizo un seguimiento a través del registro fotográfico y se fueron marcando los elementos fundidos en el plano de planta de la cimentación (Ver Anexo I). Para lograr una mayor facilidad en el análisis, se

elaboró una tabla en la que se iba marcando el elemento fundido y/o los metros cuadrados de placa fundidos durante esa semana (Ver Tabla 15). La tabla contiene parámetros como: elemento, el cual indica el elemento ejecutado en esa semana; unidad, que se refiere al número y/o cantidad del elemento ejecutado en el lapso de tiempo; Cantidad, hace referencia a la cantidad total de ese elemento; fechas, se refiere al día de la semana hasta el cual se hizo el análisis, es decir, el registro fotográfico inicia el 26 de marzo de 2007, y la siguiente fecha es el 2 de abril de 2007, esto quiere decir que hubo un lapso de tiempo de una semana, el análisis se trató de hacer semanal a partir del primer día del registro fotográfico pero por razones diversas como los festivos, de todos los lunes no se tenían imágenes, así que para este caso, se tomaba la fecha mas próxima. El registro fotográfico se hizo hasta el 13 de agosto. A continuación se muestra la tabla resumen del registro fotográfico semanal.

**Tabla 16.** Resumen del registro fotográfico semanal.

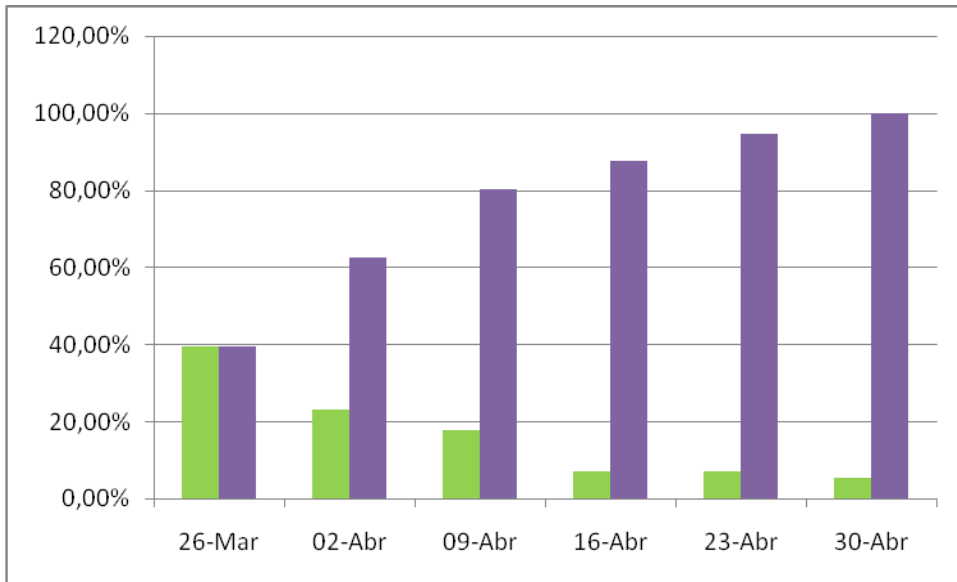
ELEMENTO	SOTANO	VIGAS	COL.	ZAP.	MURO	MORTERO	LOSAS
m2							1608,6
N°		98	61	56	28		
26-mar		33	19	22	2		
02-abr		25	3	13	7		
09-abr		17	9	10	3	120,6	
16-abr		9	23	4	6	686,4	176,92
23-abr		8		4	5	460,8	
30-abr		6	4	3	1	200,4	321,86
07-may			3		3		259,84
14-may					1	140,4	134,11
22-may							
28-may							
04-jun							
13-jun							
19-jun							
26-jun							
03-jul							
09-jul							
17-jul							
21-jul							
01-ago							
06-ago							
13-ago							

ELEMENTO	PRIMER PISO		SEGUNDO PISO		TERCER PISO		CUARTO PISO		CUBIERT	
	LOSA ENTREP.	COL.	LOSA ENTREP.	COL.	LOSA ENTREP.	COL.	LOSA ENTREP.	COL.		
m2	1637,2				1309,2		698,3		570,6	556,12
Nº		39		32		32		28		
26-mar										
02-abr										
09-abr										
16-abr										
23-abr										
30-abr	559,1									
07-may	412,6	9								
14-may	665,5	12								
22-may		17								
28-may		1			703,3	7				
04-jun						11				
13-jun					605,9	14				
19-jun										
26-jun							439,5			
03-jul							258,8	22		
09-jul								10		
17-jul									316,4	16
21-jul									254,2	
01-ago										12
06-ago										
13-ago										322,02
										234,1

### 6.2. 1 Zapatas

Dentro del análisis y seguimiento realizado en la construcción de las zapatas podemos determinar que hay un equilibrio en la realización de todas las actividades que se desarrollaron para cumplir con este elemento, el cual permite determinar en tiempo un análisis real de lo que fue la construcción de estos elementos. Par efectos de los análisis de rendimientos globales realizados a este elemento, no se tuvo en cuenta la primera fecha debido a que cuando se inicio con el registro fotográfico ya se llevaba una cantidad alta de zapatas realizadas y no se sabe en cuanto tiempo las hicieron. Los análisis efectuados para este elemento iniciaron el 2 de abril de 2007. Ver Figura 9

**Figura 9.** Seguimiento fotográfico semanal para las Zapatas



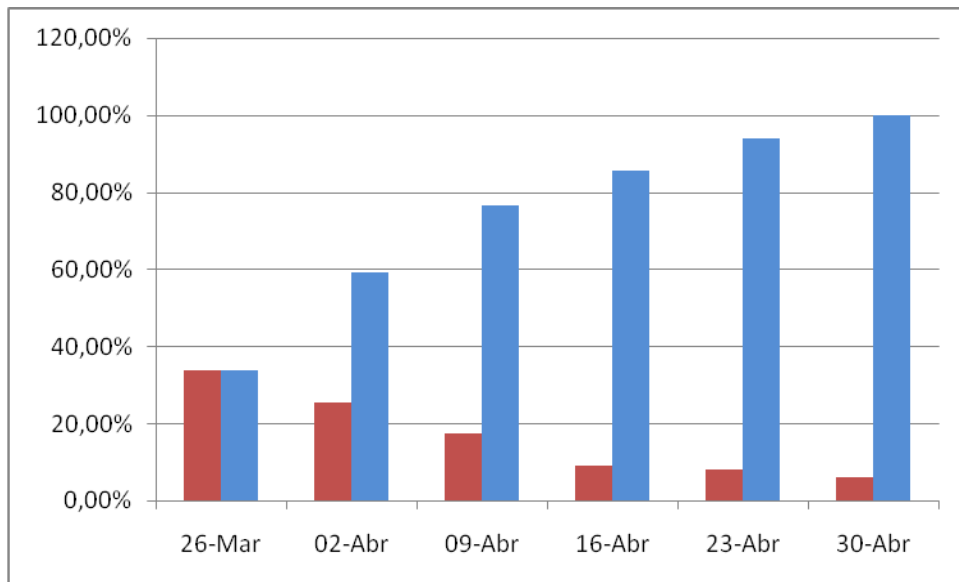
Se alcanzó el 100% de la totalidad de las zapatas durante las seis primeras semanas, en la semana del 26 de marzo al 2 abril, se realizó un total de 13 zapatas, dando 23.21% como porcentaje de construcción, en la segunda semana se realizó el 17.85% de la construcción total de la obra, alcanzando en este momento el 80.29% de la totalidad de esta actividad, en las últimas tres semanas el porcentaje de construcción fue menor al 10%, dando un porcentaje de 7.14% para la tercera y cuarto semana y culminando esta actividad en la sexta semana con 3 zapatas con un porcentaje de 5.36%

### **6.2. 2 Vigas de Cimentación**

En el análisis realizado a este elemento se obtuvo que para la primera semana dada entre el 26 de marzo y el 2 de abril de 2007 se alcanzó un total de 25 vigas de cimentación, siendo este el 25.51% del total ejecutado, para la segunda semana empezó a disminuir el porcentaje de construcción, dando como resultado

17.35% correspondientes a 17 vigas fundidas, en la tercera semana se fundió un total de 9.18%, para la cuarta de 8.16% y en la quinta semana se culminó el trabajo con estos elementos fundiendo el 6.12% de las vigas que hacían falta por fundir, alcanzando así el 100% del total de ésta actividad. Ver figura 10

**Figura 10.** Seguimiento fotográfico semanal para las Vigas de cimentación.

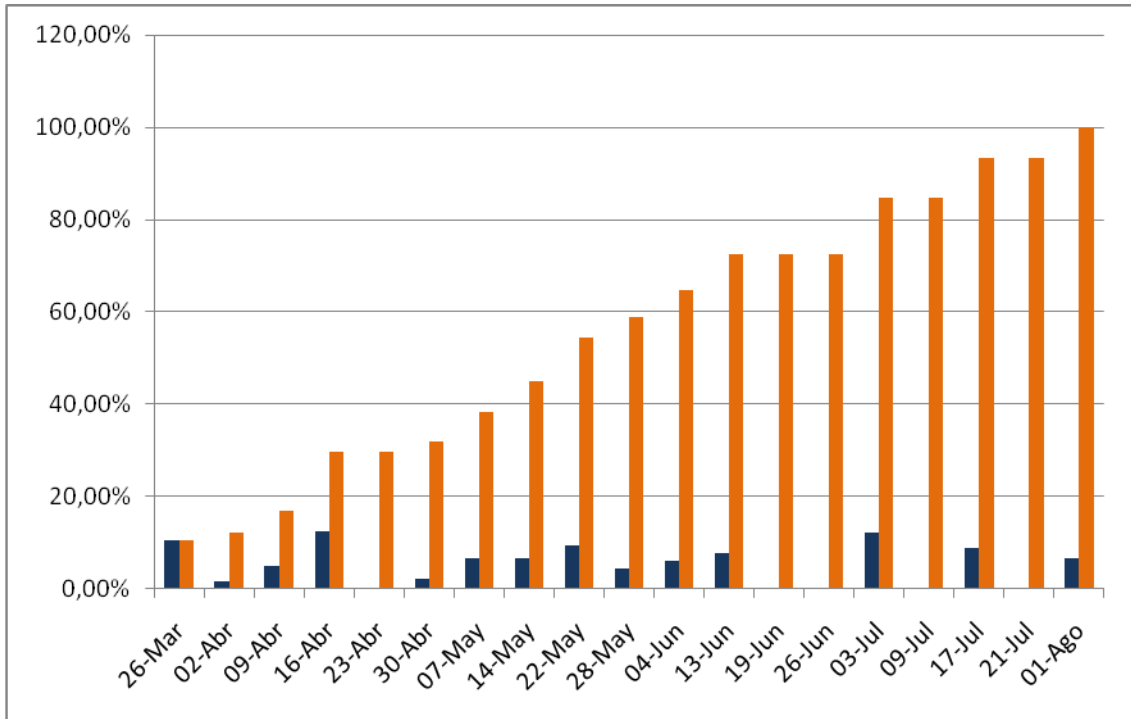


### 6.2.3 Columnas

Para determinar la relación semanal de la cantidad de columnas fundidas se llevó a cabo el seguimiento por medio de la tabla 6, de allí se pudo observar que la semana en la cual se fundió el mayor número de columnas fue para la tercera semana, logrando un 12,64% de fundición correspondiente a 23 columnas, las semanas en las que no se presenta fundida de columnas, se debe a que se estaba trabajando en las placas de entrepiso, tal es el caso para las semanas del 13 de junio al 26 de junio. Las últimas columnas se realizan en la semana que va del 21 de julio al 1 de agosto, en ella se ejecuta un 6.59% correspondientes a 12 columnas de la construcción total. Ver figura 11.



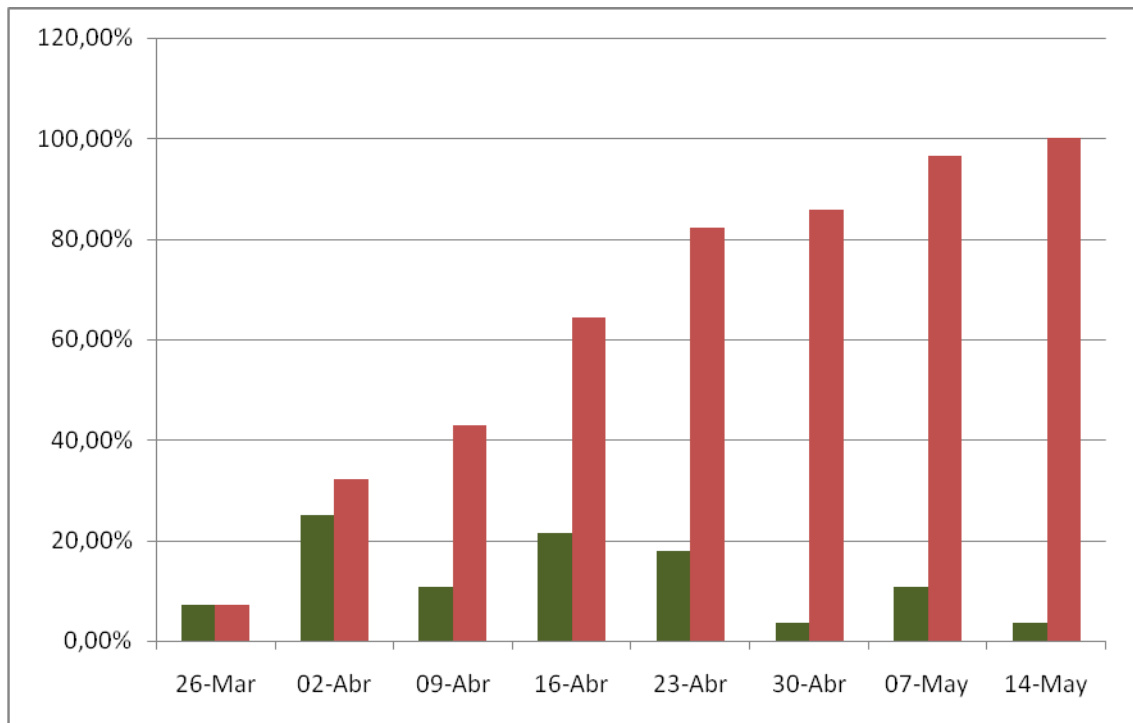
**Figura 11.** Seguimiento fotográfico semanal para las columnas.



#### **6.2. 4 Muros de contención.**

El análisis de los muros se llevo a cabo mediante el seguimiento semanal realizado a todas las actividades, para la elaboración de este elemento se pudo observar que en la primer semana ejecuto el 25% de la totalidad de los muros del proyecto, en esta primer semana de observación alcanzo la máxima ejecución, el porcentaje de ejecución promedio fue de 13,27%. Ver Figura 12

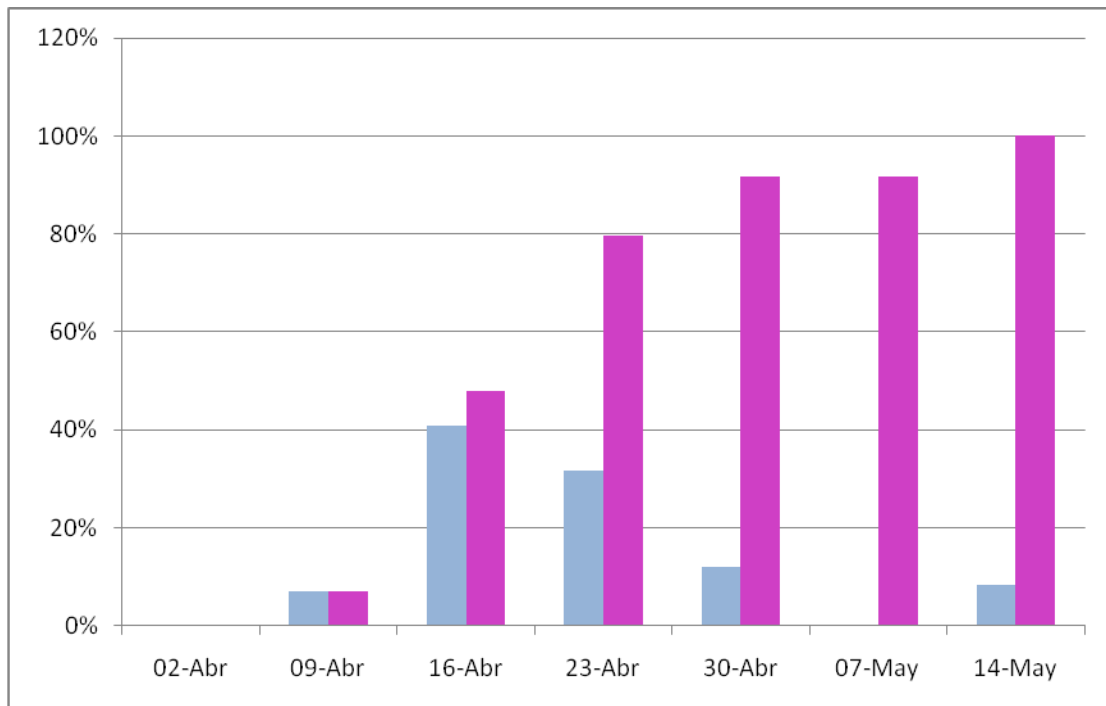
**Figura 12.** Seguimiento fotográfico semanal para los muros de contención.



### 6.2. 5 Losa Piso

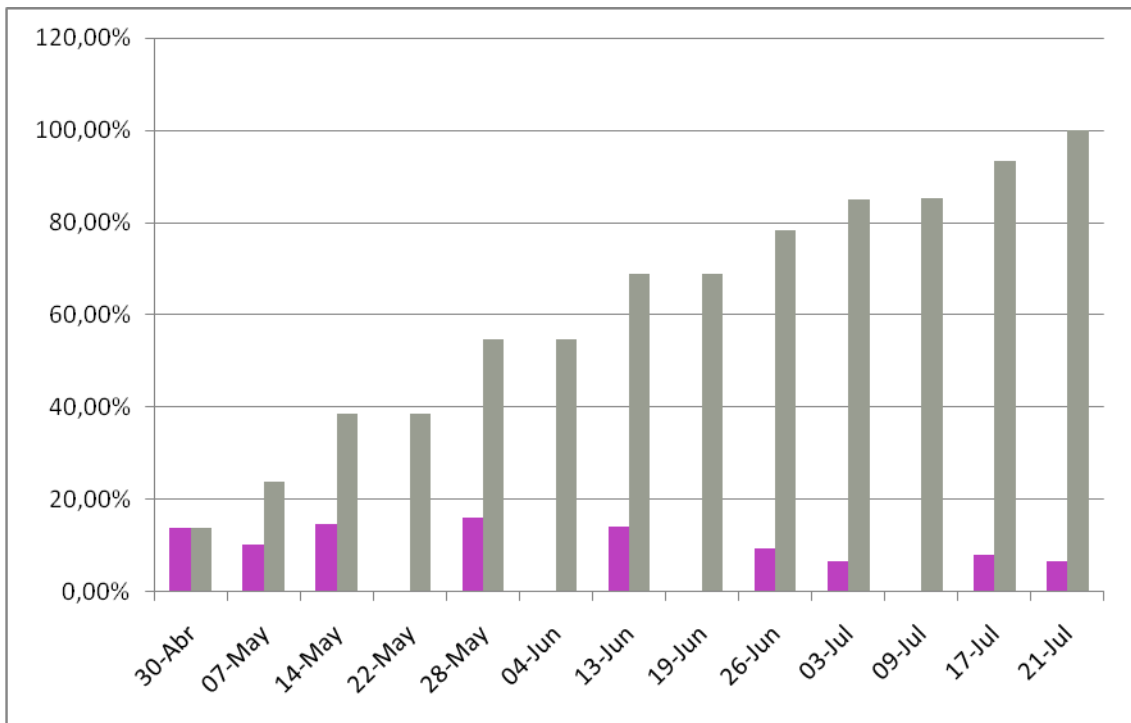
Para la determinación de las losa del primer piso se tuvo en cuenta un área aproximada, debido a que las losas no se fundieron completas, por esta razón no fue posible obtener un área exacta. Fueron los rendimientos mas difíciles de obtener, por muchas razones, una de ellas fue que en las imágenes de las panorámicas no se pudo hacer un acercamiento detallado, debió a ello se decidió hacer el análisis para los morteros, ya que estos si se encontraban completos. Ver Figura 13

**Figura 13.** Seguimiento fotográfico semanal para las losa del piso



### 6.2. 6 Lozas Entrepiso

En lo referente al área de la primera placa 1630 m<sup>2</sup> aproximadamente, se pudo concluir que fundieron la totalidad de esta en el transcurso de tres semanas, completando así un 38.7% de las placas, en placa del segundo piso también se demoraron tres semanas, fundiendo en dos oportunidades un total de 139 m<sup>2</sup>. Durante el transcurso desde el 19 de Junio hasta el 26 del mismo mes funden la primer nave del edificio, teniendo esta un área aproximada de 439,5 m<sup>2</sup>, para el 3 de julio se funde la nave mas pequeña, esta tiene un área aferente de 259 m<sup>2</sup>, para el 17 de Julio completan un porcentaje de ejecución de fundida para placa del 93,24% fundiendo esta semana 316 m<sup>2</sup> aproximadamente. Ya para el 21 de Julio de 2007, completan las aéreas de la placa con la última fundida de la nave mas pequeña con un área de 255 m<sup>2</sup>



## **7. PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO**

De acuerdo al seguimiento de proyectos de estructura de esta magnitud, se propone hacer algunas recomendaciones que sirvan para generar mayor rendimiento en el desarrollo armónico de proyectos similares, pues en general en la aplicación del proyecto en mención se presentaron variables de diferentes tipos en sus elementos en orden climáticos, físicos, condiciones geográficas e intrínsecas del trabajo.

### **7.1 BASE DE DATOS UPB SOBRE RENDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Se inicia la conformación de una base de datos a partir del estudio realizado en la investigación de rendimientos de mano de obra en la construcción, en la cual se podrá determinar mediante un seguimiento estadístico en el campo de aplicación de forma coordinada la implementación de todos los elementos que conllevan a optimizar el rendimiento en futuros proyectos y que por ello permitirá cuantificar y cualificar en inmejorable condición a los actores (contratante y contratista) que intervengan en el desarrollo de nuevos proyectos y así minimizar pérdida de tiempo y recursos económicos.

A partir de la culminación de esta investigación la U.P.B. contará con una base de datos sobre rendimientos de mano de obra para las actividades de mampostería, vigas, zapatas, columnas y muros de contención de la construcción de un proyecto. Esta base de datos servirá para obtener una programación y un presupuesto más real, logrando la optimización del proyecto.

## **7. 2 CONFORMACIÓN DEL REGISTRO HISTÓRICO DE PROYECTOS DE LA UPB**

De acuerdo al análisis establecido en el seguimiento de la construcción del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana, los diferentes elementos y variables en el desarrollo y ejecución de la obra, se propone tener en cuenta el rendimiento máximo de una cuadrilla base más tres ayudantes adicionales, de éste modo se optimizará la productividad de la mano de obra, debido a que en el análisis se pudo demostrar que el trabajo coordinado de esta cuadrilla generaba mas rendimiento y optimización de obra que las cuadrillas mas numerosas, teniendo en cuenta que estas presentaban un crecimiento menos ordenado y cualitativo en la ejecución de las tareas propuestas, se observó que desaparecían los estándares de responsabilidad.

## **7. 3 EQUIPO DE TRABAJO REQUERIDO**

El estudio requiere de persona especializado de dedicación exclusiva, porque es imposible obtener resultados confiables cuando la toma de datos se asigna como una tarea secundaria a personas que están ejecutando otro tipo de labores.

**PERFIL:** el personal que se contrate para realizar la toma de datos deben ser personas con experiencia en el medio, para que se les facilite más el trabajo en el momento de la ejecución de la obra. Se recomienda que quien realice la toma de datos éste involucrado en el análisis de resultados, así las dudas que puedan ir surgiendo, éste las podrá solucionar.

**FUNCIÓN:** la función que debe cumplir el personal para el estudio de rendimientos es la de hacer un seguimiento detallado en cada una de las aplicaciones de los elementos, pues solo así se logrará determinar con exactitud su desarrollo, tiempo de ejecución que determinara como variable un resultado.

Los factores analizados en el capítulo 2 pueden influir de manera directa a favor del contratista, ya que afectarían la ejecución de la obra positivamente aumentando los rendimientos de la mano de obra no calificada.

Seleccionar objetivamente de acuerdo a las capacidades y características de cada trabajador la actividad en la que mejor se desempeñe o para la cual sea más apto; con miras a conseguir un mayor rendimiento en la actividad ejecutada.

Teniendo en cuenta que el presente proyecto realizado contiene información valiosa que puede significar cuantías representativas en el presupuesto y la programación de obra, se plantea la utilización de la tabla matriz realizada y el texto en obras futuras, así mismo la toma de datos en actividades que no fueron estudiadas en la investigación objeto de este proyecto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se hallaron los rendimientos de mano de obra de las actividades estudiadas de la ejecución del edificio J de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga; los cuales arrojaron los siguientes resultados:

- En la ejecución de la totalidad de una zapata se encuentra que la primera actividad a realizar es el amarre de acero, el cual cuenta con un rendimiento de 0.03 Hr/m<sup>3</sup>; actividad que una vez finalizada se continua directamente con el encofrado que cuenta con un rendimiento de 2.7 Hr/m<sup>3</sup> y posteriormente a la fundida que para éste elemento no se registró rendimiento, después de esta se puede dar paso a la actividad de desencofre que cuenta con un rendimiento de 0.71 Hr/m<sup>3</sup>.
- Para la elaboración de una columna se cuenta con un rendimiento de 3.47 Hr/m<sup>3</sup> para las actividad de armado de acero de refuerzo, 2.54 Hr/m<sup>3</sup> para encofrado, un rendimiento de 1,91 Hr/m<sup>3</sup> para la fundida y 1.03 Hr/m<sup>3</sup> para el desencofrado. Después de realizar la fundida se debe dejar una holgura para realizar el desencofrado.
- De esa misma manera se realizaron los rendimientos de las vigas con valores de: 3.93 Hr/m<sup>3</sup> para el acero de refuerzo, 2.45 Hr/m<sup>3</sup> para el encofrado, 1,93 Hr/m<sup>3</sup> para la fundida y 1.41 Hr/m<sup>3</sup> para el desencofre del elemento.
- Durante la elaboración de un muro de contención se alcanzó un rendimiento de 5.13 Hr/m<sup>3</sup> en encofrado, 0.69 Hr/m<sup>3</sup> para la fundida y 2.27 Hr/m<sup>3</sup> para el desencofrado.
- Para la mampostería estructural se logro un rendimiento de 0,33 Hr/m<sup>3</sup> para los muros internos y de 0,55 Hr/m<sup>3</sup> para el ladrillo a la vista.



De todo el análisis y seguimiento se concluye que si se determina la cantidad de personal de mano de obra calificada y no calificada a intervenir en un proyecto de estos se debe recomendar:

- Personal con experiencia
- Personal en edad productiva
- Utilizar equipamiento idóneo
- Realizar un cronograma de actividades con holgura para evitar la afectación de la obra en tiempo, por posibles inconvenientes
- Se debe caracterizar un porcentaje moderado de imprevistos para cumplir con las metas propuestas.

De acuerdo con el estudio realizado se llegó a la conclusión que cada ayudante adicional produce un 10% de descuento en los tiempos de ejecución. Y que la reducción máxima posible es del 30%, ya que más de 4 ayudantes adicionales no aportaran descuentos en la realización de una actividad, debido a que no ejercerán mayor ayuda de la necesaria.

Las mejoras planteadas en el capítulo 7, sirven para determinar cuantías en el presupuesto y la programación de una obra. Se recomienda que para próximos estudios se tenga en cuenta la tabla matriz elaborada en el presente trabajo

Como valor agregado a la propuesta de Luis Fernando Botero para los factores de afectación para determinar los rendimientos de mano de obra, la autora propone tener en cuenta la programación de la obra, ya que con altos rendimientos el tiempo de ejecución se disminuyen

Si se logran optimizar los factores posibles en la ejecución de la obra, se encontrará un mayor rendimiento en las actividades, por consiguiente se disminuirá la propuesta económica y el cronograma de actividades.

Mediante el registro fotográfico se determinaron los grados de dificultad en los componentes de realización y ejecución del proyecto, dentro del espacio físico se pudo observar el nivel freático que obstaculizaba la construcción de las vigas de cimentación teniendo que recurrir a un sistema de filtros, que conlleva a la evacuación de la humedad generalizada en el inicio de la construcción de la estructura.

## BIBLIOGRAFÍA

Consuegra, J. G. (2005). Presupuestos de construcción según Edificación. Bogotá: Oveja Negra.

Universidad Pontificia Bolivariana. Proyecto Institucional. ACUERDO No. CD-01 DEL 19 DE MARZO DE 2004.

[http://www.upb.edu.co/pls/portal/docs/PAGE/GP\\_UPB\\_NACIONAL/PGV2\\_NAL050\\_PI/PI.PDF](http://www.upb.edu.co/pls/portal/docs/PAGE/GP_UPB_NACIONAL/PGV2_NAL050_PI/PI.PDF)

[http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,33176633&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,33176633&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<http://www.upbmonteria.edu.co/historia.htm>

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/i/ishikawa.htm> Recuperado el 27 de Septiembre de 2009

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

(Botero, 2002.) Botero, Luis Fernando. Análisis de Rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de constucción. *Revista Universidad EAFIT No. 128* , 9/20.

Consejo Directivo Universidad Pontificia Bolivariana. (2004). *Proyecto Institucional*. Prensa Libre.

(Consuegra, 2006). Consuegra, Juan Guillermo. *Presupuestos de la Construcción* (págs. 79-98). Bogotá: Bhandar Editores.

(Failing, Janzen & Blevins, 2004). Failing, R. G., Janzen, J. L., & Blevins, L. D. Work measurement techniques. *Journal of Accountancy* , 165.

(Gallego, 1993). Gallego, A. U. Mampostería Estructural. En A. U. Gallego, A. Palomino, G. Alonso, L. E. Garcia, & A. Sandino, *Mampostería Estructural* (págs. 2-7). Manizalez.

(Gulezian & Samelian, 2003). Gulezian, R., & Samelian, F. Baseline Determination in Construction Labor. *JOURNAL OF MANAGEMENT IN ENGINEERING* , 160-165.

(Hewage & Ruwanpura, 2006). Hewage, K., & Ruwanpura, J. Carpentry workers issues and efficiencies related. *NRC Research Press Web* , 1075-1089.

(Marshall & Nelson, 1995). Marshall, W., & Nelson, H. *Estructuras*. México: Alfa Omega Grupo Editor.

(Muñoz, 2001). Muñoz, H. A. Elementos Especiales. En H. A. Muñoz, *Construcción de Estructuras* (págs. 91-94). Bogota: Panamericana.

Pajón, J. (s.f.). *Universidad de Huelva*. Recuperado el 11 de 09 de 2009, de <http://www.uhu.es/javier.pajon/apuntes/zapatatas.pdf>

(Suarez, 1991). Suarez Díaz, J. *Escuela de Ingenierías Colombianas*. Recuperado el 16 de 09 de 2009, de [http://www.escuelaing.edu.co/encuentro\\_nacional/2009/documentos/1\\_encuentro/concepto\\_viga\\_portante\\_amarre\\_cimientos.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/encuentro_nacional/2009/documentos/1_encuentro/concepto_viga_portante_amarre_cimientos.pdf)

(Thomas, Minchin & Chen, 2003). Thomas, R., Minchin, E., & Chen, D. Role of Workforce Management in Bridge Superstructure. *Journal of management in Engineering* , 8-16.

(UNMOP., 2006). *Universidad de Morrón*. Recuperado el 14 de 09 de 2009, de <http://www.tallera.com.ar/C1/Envolvente/Muros.htm>

(UPB, 1936). *Universidad Pontificia Bolivariana*. Recuperado el 08 de 09 de 2009, de [http://www.upb.edu.co/portal/page?\\_pageid=1134,33176629&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1134,33176629&_dad=portal&_schema=PORTAL)

(Velásquez, 2004). Velásquez, Luis Fernando. *Proyecto Institucional*. Medellín: Prensa Libre.

(Villasante, 1995). Villasante, E. *Mampostería y Construcción*. México: Trillas.

(Wiley, 2001). Wiley, J. (2001). Sistemas Estructurales. En J. Wiley, *Análisis y diseño de estructuras* (págs. 51-57). México: Limusa S.A.

# **ANEXOS**