

**CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS PARA LAS PYMES CONSTRUCTORAS**

**NATALIA ANDREA OTERO BAHAMÓN  
CARLOS ANDRÉS TORRES CASTELLANOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
BUCARAMANGA  
2008**

**CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS PARA LAS PYMES CONSTRUCTORAS**

**NATALIA ANDREA OTERO BAHAMÓN  
CARLOS ANDRÉS TORRES CASTELLANOS**

**Proyecto de Grado para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Proyectos de Construcción**

**Director  
ALVARO PINTO SERRANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE  
CONSTRUCCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
BUCARAMANGA**

**2008**

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	8
LISTA DE FORMATOS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	12
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1. OBJETIVOS.....	14
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
CAPITULO I. ANTECEDENTES.....	15
CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL.....	19
CAPITULO III. EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS.....	24
3.1. CHILE.....	24
3.2. PERÚ.....	26
3.3. COLOMBIA.....	27
3.3.1. Medellín.....	27
3.3.2. Bogotá.....	28
4.1. ESTRUCTURA.....	34
4.1.1. Sistemas constructivos.....	34
4.1.2. Mano de Obra.....	36
4.1.3. Materiales:.....	37
4.1.4. Equipos y formaleta:.....	37
4.2. PISOS Y ENCHAPES.....	37

4.2.1. Materiales.....	37
4.3. CARPINTERIA METÁLICA, CARPINTERÍA EN MADERA, INSTALACIONES ELÉCTRICAS, DE COMUNICACIONES, HIDROSANITARIAS Y DE GAS.....	38
4.3.1. Materiales.....	39
4.3.2. Mano de Obra.....	39
4.3.3. Gestión de Diseño.....	39
4.4. CIMENTACIÓN Y PRELIMINARES .....	39
4.4.1. Gestión de Diseños.....	40
4.4.2. Clima .....	40
4.5. MAMPOSTERÍA Y FRISO .....	41
4.5.1. Mano de Obra.....	41
4.5.2. Materiales.....	41
4.6. ADMINISTRACIÓN .....	42
4.6.1. Recurso Humano .....	42
CAPITULO V. RECOMENDACIONES .....	44
5.1. MANO DE OBRA .....	45
5.1.1. Muestreo de Trabajo .....	50
5.1.2. Encuesta de Detenciones y Demoras .....	51
5.2. MATERIALES:.....	53
5.2.1. Disponibilidad .....	54
5.2.2. Desperdicio.....	56
5.3. EQUIPOS .....	57
5.4. GESTIÓN DE DISEÑOS.....	60
5.5. INDICADORES GENERALES DEL PROYECTO:.....	63

5.5.1.	Por Resultados.....	64
5.5.2.	Por Procesos .....	64
5.5.3.	Por Variables .....	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	67

## **LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Comparación de Tiempos

Cuadro 2. Porcentajes de actividades en presupuestos

Cuadro 3. Indicadores de Capacitaciones

Cuadro 4. Indicadores de Mano de Obra

Cuadro 5. Indicadores de Compras

Cuadro 6. Indicador de Materiales

Cuadro 7. Indicador de Mantenimientos

Cuadro 8. Indicadores de Control de Diseños

Cuadro 9. Indicadores de Resultados generales del proyecto

Cuadro 10. Indicadores de los procesos involucrados en un proyecto

Cuadro 11. Indicadores de acuerdo a variables presentes en un proyecto

## **LISTA DE FORMATOS**

Formato 1. Perfil de Cargo

Formato 2. Evaluación del Personal

Formato 3. Solicitud de Capacitación

Formato 4. Evaluación de la Capacitación

Formato 5. Muestreo de Trabajo

Formato 6. Detenciones y Demoras

Formato 7. Control de Pedido de Material

Formato 8. Control de Desperdicio de Material

Formato 9. Control de Mantenimientos

Formato 10. Control de Uso de Equipos

## RESUMEN

### TÍTULO

CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS PARA LAS PYMES CONSTRUCTORAS \*

### AUTORES

NATALIA ANDREA OTERO BAHAMÓN

CARLOS ANDRÉS TORRES CASTELLANOS \*\*

### PALABRAS CLAVES

PRODUCTIVIDAD

CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS

INDICADORES EN CONSTRUCCIÓN

TIEMPO PRODUCTIVO

TIEMPO CONTRIBUTIVO

TIEMPO NO CONTRIBUTIVO

### DESCRIPCIÓN

La Construcción sin Pérdidas en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) Colombianas del sector construcción se evidencia con gran importancia como herramienta de análisis y mejoramiento tanto de las empresas, como del sector y en general de la economía Colombiana. El objetivo principal del documento es la creación de una herramienta sencilla de entender y aplicar en las pequeñas empresas del sector construcción, que se genera a partir del conocimiento de la filosofía, los resultados en la aplicación y el análisis de aspectos específicos de las pymes en nuestro entorno.

En el desarrollo del documento, se presenta una descripción de los resultados del sector construcción en Colombia en los últimos años y su comportamiento cíclico, con lo cual podemos entender la importancia de crear herramientas duraderas, como lo es la Construcción sin Pérdidas, para el mejoramiento para las pequeñas empresas. Así mismo, se desarrolla con mayor profundidad los conceptos básicos de la Construcción sin Pérdidas, así como experiencia en la implementación en diferentes ciudades de Colombia y países, logrando excelentes resultados en el mejoramiento de las empresas constructoras.

Como conclusiones se evidencian las actividades constructivas con mayor incidencia en el proceso como un todo, entre las que se destacan Estructura, Pisos y Enchapes, Carpintería Metálica y en Madera entre otras. Dichas actividades presentan factores comunes críticos de productividad tales como Mano de Obra, Materiales, Equipos y Gestión de Diseños; factores para los cuales se desarrollan recomendaciones específicas para la mejora e indicadores de medición; para lograr así empresas mas productivas, mejores resultados del sector y la generación de condiciones de mayor estabilidad en el entorno económico.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción, Alvaro Pinto Serrano

## SUMARY

### TITLE

LEAN CONSTRUCTION FOR COLOMBIAN CONSTRUCTION SMALL AND MEDIUM COMPANIES \*

### AUTHORS

NATALIA ANDREA OTERO BAHAMÓN  
CARLOS ANDRÉS TORRES CASTELLANOS \*\*

### KEY WORDS

PRODUCTIVITY  
LEAN CONSTRUCTION  
INDICATORS IN CONSTRUCTION  
PRODUCTIVE TIME  
CONTRIBUTORY TIME  
NON CONTRIBUTORY TIME

### DESCRIPTION

The Lean Construction philosophy in small and medium Colombian companies in construction sector is evident with major signification as a key of analysis and improvement for companies, for the construction sector and for Colombian economy. The main objective of this document is the development of a simple tool to understand and apply it, which is generated from the knowledge of the philosophy, the results of the application and the analysis of specific items of the small and medium companies in our environment.

In the development of the document, is presented the results of the Colombian Construction sector in the last years and its cyclical behavior, which make us understand the signification of develop long lastly tools as Lean Construction for the improvement of small and medium companies. Likewise, it is developed more deeply the basic concepts of Lean Construction, and the experience in the implementation in several cities of Colombia and other countries, achieving excellent results of improvement for those companies.

As conclusions, there are construction activities with more incidences in the process as a whole, like Structure, Floors, Woodwork and Metalwork. These activities have common critical productivity factors like workforce, materials, equipment and design management; for this factors are developed specific recommendations for improvement and measurement indicators, to generate more productive companies, better results for construction sector and stable economic conditions.

---

\* Monograph

\*\* Physic-Mechanical Engineer Faculty, Master in Construction Project Management, Alvaro Pinto Serrano

## INTRODUCCIÓN

El sector construcción atraviesa actualmente un momento de crecimiento, prueba de ello son los positivos resultados en cifras estadísticas tanto macroeconómicas como microeconómicas. Es por esta razón que se ve la importancia en desarrollar el tema de ***Construcción sin Pérdidas*** en las pequeñas empresas del sector construcción en la ciudad de Bucaramanga.

A lo largo del documento se ahondará en el tema, comenzando por una presentación de los antecedentes más relevantes y representativos del sector construcción, antecedentes éstos que nos llevarán a ver la trascendencia del tema y la importancia del mejoramiento de la productividad de estas empresas para el mejor desempeño del sector construcción y de la economía Colombiana.

Posteriormente se presentará en detalle el tema de Construcción sin Pérdidas, enmarcando dicho tema como base para la búsqueda de condiciones de mayor productividad y por consiguiente de mejores resultados en las empresas. En este análisis es importante resaltar cuáles han sido las experiencias de aplicación en otros países y en otras ciudades de Colombia, lo cual llevará a entender con mayor claridad las ventajas de su aplicación.

En el desarrollo específico del tema, se tomarán las actividades más críticas en términos económicos de un proceso constructivo y se tratarán de analizar los factores de mayor importancia en cada actividad. La búsqueda del mejoramiento de dichos factores se logra con la implementación de acciones concretas; es por

esta razón que se dejarán planteadas actividades específicas para lograr el mejor desempeño y por consiguiente la eliminación de pérdidas.

Con el fin de presentar una mayor aplicabilidad del tema desarrollado, se plantearán indicadores de medición de las actividades y unas metas a alcanzar, las cuales consideramos son claves para lograr la disminución / eliminación de pérdidas.

## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

### 1. OBJETIVOS

#### 1.1. OBJETIVO GENERAL.

Adaptar los conceptos y los instrumentos de la Construcción sin Pérdidas (Lean Construction) a la realidad de las pymes en el sector construcción en Colombia.

#### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un panorama conceptual del entorno económico colombiano específicamente del sector Construcción.
- Hacer una revisión del marco teórico existente sobre Construcción sin Pérdidas, de sus instrumentos e indicadores.
- Analizar las necesidades de las pymes del sector construcción en Colombia para así adaptar eficazmente los conceptos y la metodología de la Construcción sin Pérdidas.
- Desarrollar un documento que sirva de recurso a las empresas pequeñas y medianas, que ilustre sobre cómo implementar los conceptos de “construcción sin pérdidas” en Colombia y como realizar la medición de los resultados de dicha implementación.

## CAPITULO I. ANTECEDENTES

El sector de la Construcción en Colombia en los últimos años ha sido de gran importancia para la economía Colombiana dado que ha mostrado un aumento significativo, representado en sus indicadores de actividad edificadora y licencias, entre otros. Es así como se considera necesario realizar continuamente seguimiento de los resultados del sector y especialmente la generación de análisis, estudios, conclusiones y recomendaciones que logren el mejoramiento de las empresas, especialmente en lo que respecta a su productividad, concepto que se desarrollará más adelante.

Para enmarcar la importancia del sector Construcción es necesario conocer las cifras de la economía nacional. Según datos de la Cámara Colombiana de la Construcción, Camacol, la economía nacional durante el año 2007 tuvo un crecimiento del 6,7%, mientras que el crecimiento del sector construcción fue del 10% <sup>1</sup>, cifra que es importante si se tiene en cuenta que el sector construcción es el mayor aportante al PIB nacional.

Específicamente en el sector construcción, el subsector de edificaciones para vivienda creció durante el 2007 en 1,6 %, cifra que aunque a principios del año comenzó con tasas mayores, se presentaron durante el año volatilidades principalmente por el aumento en las tasas de interés.

Es importante resaltar que aunque se han presentado disminuciones en algunos indicadores del sector, la perspectiva del gremio en el 2008 y años venideros, es la consolidación de la actividad y el equilibrio entre demanda y oferta que durante

---

<sup>1</sup> CAMACOL, Informe Económico. Enero 31 de 2008. [www.camacol.org.co](http://www.camacol.org.co)

los últimos años ha mostrado un crecimiento acelerado como resultado de la crisis del periodo 1997 – 2002, años en los cuales la demanda de hogares y oferta de vivienda por parte de los constructores estuvieron estancadas. Es así como de acuerdo a las perspectivas para el 2008 se estima un crecimiento de la economía Colombiana del 5% y del sector construcción del 8%<sup>2</sup>.

Ahondando en el ámbito regional, Santander es la cuarta economía más grande a nivel nacional, representada con el 6% del PIB nacional; de este porcentaje, el sector construcción representa el 6,4 %<sup>3</sup>. Es así como evidenciamos igualmente a nivel regional la necesidad de que las empresas del sector construcción evalúen sus actividades y resultados y generen análisis de mejoramiento, especialmente en su productividad con el fin de lograr mayores y mejores resultados.

En este punto resulta interesante analizar el factor de productividad de las empresas del sector construcción, dado que el mejoramiento de dicho factor generará el fortalecimiento de las empresas y su buen desempeño independiente del desempeño de la economía, eso sí aclarando que los buenos resultados generarán el mejoramiento de la economía regional y nacional.

Productividad se entiende como la positiva relación entre eficiencia y eficacia, es así como se busca lograr mejores resultados con la optimización de los recursos. En las empresas constructoras, tanto grandes como pymes, existen brechas de productividad<sup>4</sup>, entre las principales se encuentran:

---

<sup>2</sup> URIBE BOTERO BEATRIZ, Informe ante Asamblea Camacol Regional Santander. Febrero 27 de 2008.

<sup>3</sup> CAMACOL. Presentación Actividad Edificadora en Santander. Febrero 27 de 2008. [www.camacol.org.co](http://www.camacol.org.co)

<sup>4</sup> Sistema Nacional de Competitividad. Comités Técnicos – Comité de la Construcción. Noviembre de 2007. [www.snc.gov.co](http://www.snc.gov.co)

- la obtención de suelo apto para construcción,
- la poca claridad en el marco regulatorio,
- la falta de acceso de compradores a crédito hipotecario y,
- la poca formalización empresarial, entendida ésta como los limitados procesos de industrialización en el proceso constructivo (en lo concerniente a insumos, actividades, mano de obra), lo cual genera menores eficiencias y por consiguiente una limitada capacidad productiva.

Si analizamos, 3 de los 4 factores críticos para la productividad en el sector construcción son por causas externas, tales como la economía, el planeamiento territorial, el sistema jurídico y el sistema financiero, todos ellos manejados por el Gobierno con poca o nula capacidad de cambio por parte de las empresas como entes individuales. Diferente a lo anterior, el cuarto factor crítico de productividad, la poca formalización empresarial, tiene su asiento en factores internos de las empresas, los cuales a partir de un análisis DOFA (debilidades y fortalezas) se pueden identificar y contrarrestar con acciones concretas de mejoramiento.

De acuerdo a estudios realizados con empresas del sector construcción<sup>5</sup>, se identificaron prácticas más comunes en las empresas, para las cuales son necesarias implementar mejoras dado que generan factores críticos para la productividad:

- Recurso Humano:

Capacitación Mano de Obra no calificada

---

<sup>5</sup> Sistema Nacional de Competitividad. Comités Técnicos – Comité de la Construcción. Noviembre de 2007. [www.snc.gov.co](http://www.snc.gov.co)

- Proceso Constructivo:
  - Uso de maquinaria en obra
  - Uso de modulación o formaleta
  - Uso de prefabricados
  - Disminución de desperdicios
  - Repetición de procesos y retrabajos
  - Manejo de obra como proceso productivo
  
- Planeación y Administración:
  - Diseño estandarizado
  - Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
  - Inversión en Investigación y Desarrollo

Es por esta razón que se considera esencial crear herramientas para que las pymes – pequeñas y medianas empresas – Colombianas del sector construcción y específicamente en el contexto de la ciudad de Bucaramanga que logren una mayor productividad con el mejor manejo y uso de recursos como materiales, mano de obra y maquinaria que son los principales insumos de un proceso de construcción y por consiguiente la maximización de valor del producto, la eliminación de pérdidas y reprocesos, todo lo anterior enmarcado en el mejoramiento continuo de las actividades y un crecimiento sostenible de los resultados.

## CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL

Muchas teorías se han desarrollado para el mejoramiento de la productividad como lo son Just in Time, Control de Calidad y Manejo de Inventarios FIFO, entre otras. Una de esas teorías que se ajusta a las necesidades de análisis de nuestras empresas del sector construcción es Lean Production (Producción sin Pérdidas). Esta teoría tuvo sus inicios en Japón en la fábrica de Toyota ante la necesidad de lograr mayor productividad de los procesos con la eliminación de inventarios, la reducción de tiempos de ciclo, el trabajo en grupo con proveedores y la producción automatizada.

Dicha teoría fue desarrollada e implementada en el campo de la Construcción principalmente por el Ingeniero Finlandés Lauri Koskela, quien consideró que las empresas del sector construcción deben realizar las actividades como lo hacen las empresas manufactureras, buscando la mayor productividad, es decir a través de la eliminación de actividades que no generan valor (pérdidas). El logro de la eliminación de las pérdidas se concreta con la mayor eficiencia en las *Conversiones* (actividades que agregan valor) y la disminución de los *Flujos* (actividades que no agregan valor)<sup>6</sup>.

De acuerdo a diferentes tipos de estudios, se puede concluir que existen 11 principios para el mejoramiento de la producción<sup>7</sup>, principios que deberían ser aplicables a todo tipo de producción, incluyendo a la construcción vista como una

---

<sup>6</sup> KOSKELA Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992 . [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)

<sup>7</sup> BOTERO Luis Fernando, Construcción sin Pérdidas. 2004

industria de producción, dado que son actividades que en general volverán más eficientes los procesos.

- Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas)
- Incrementar el valor del producto, con base en los requerimientos de los clientes
- Reducir la variabilidad
- Reducir el tiempo de ciclo
- Simplificar, por medio de minimización , el número de pasos y partes
- Incrementar la flexibilidad de la producción
- Incrementar la transparencia del proceso
- Enfocar el control al proceso completo
- Mejorar continuamente el proceso
- Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones
- Referenciar (benchmarking)

La identificación de los anteriores 11 factores para el mejoramiento es importante, pero más necesaria es la identificación de las causas que generan las pérdidas, dado que una vez identificadas, se pueden tomar acciones concretas para evitarlas y así aumentar la productividad. De acuerdo a Botero<sup>8</sup>, dichas pérdidas se clasifican en:

#### *Causas asociadas a FLUJOS*

- Falta de material en el sitio de trabajo
- Material inadecuadamente distribuido en la obra
- Inadecuados medios de transporte

---

<sup>8</sup> Ibidem

- Equipo no disponible
- Ineficiente utilización de equipos
- Equipo inadecuado para las condiciones de trabajo
- Actitud del trabajador

#### *Causas asociadas a las CONVERSIONES*

- Diseño deficiente de cuadrillas de trabajo
- Procedimientos inadecuados
- Soporte inadecuado de las actividades de trabajo
- Falta de áreas de trabajo
- Superpoblación
- Pobres condiciones de trabajo
- Falta de calidad en la ejecución de los trabajos
- Daños ocasionados al producto terminado

#### *Causas asociadas a la ADMINISTRACIÓN EN OBRA*

- Inadecuada distribución del personal
- Inadecuada disposición de instalaciones provisionales
- Falta de supervisión

Es así como se observa que existen gran cantidad de causas que pueden generar pérdidas en los procesos, de ahí la importancia de crear herramientas claras y aplicables para las pymes del sector construcción con las cuales se generen condiciones más positivas en cuanto a análisis e implementación de mejoras.

La identificación de estas causas se realiza por medio de la aplicación de formatos, pruebas, entrevistas.

Algunos métodos utilizados de acuerdo a Botero<sup>9</sup> son:

1. Muestreo de Trabajo:

Se realiza observando la labor de los obreros en las diferentes actividades y con el uso de los equipos. El objetivo de esta medición es cuantificar la productividad de la mano de obra y equipos. Para la toma de los datos se pueden realizar observaciones desde un punto fijo o en recorrido por la obra cuando ésta sea de una extensión considerable.

2. Encuesta de detenciones y demoras:

Esta medición se realiza para detectar las causas más frecuentes de detenciones en el desarrollo de la actividad y así estimar las pérdidas causadas. Una vez se hayan identificado, se busca analizar las causas para así plantear acciones concretas y que realmente resuelvan la generación de la pérdida.

3. Encuesta de Identificación de Pérdidas:

Es un cuestionario dirigido a los directivos de las obras donde se identifican las fuentes de pérdidas y así mismo se plantean acciones concretas.

4. Carta de Balance de cuadrillas:

Con este formato se compila la información detallada de las actividades de cada cuadrilla en el proceso constructivo. Con esta herramienta se determinan los lapsos improductivos, y se pueden identificar causas de detenciones en ciclos de

---

<sup>9</sup> Ibidem

trabajo. Así mismo, es útil para el análisis de rendimientos y consumo de mano de obra.

5. Carta de balance de multicuadrillas:

Con esta herramienta se busca mostrar el desarrollo de cada actividad y la interrelación entre ellas, Con esto se identifican cuellos de botella y se logra la visión global del proceso integrado.

Algunos métodos complementarios utilizados por Núñez<sup>10</sup> son:

1. Formato de la prueba de la ronda:

Es utilizado para determinar el tiempo productivo y no productivo de los trabajadores de la obra

2. Formato de los cinco minutos:

Se realiza con la observación durante 5 minutos de una cuadrilla o un trabajador realizando una actividad. Con la observación se puede determinar el tiempo que utiliza el trabajador en labores productivas, contributivas y no contributivas.

---

<sup>10</sup> Núñez Cristina. Creación de un Sistema de Referenciación en Bogotá, aplicando la Construcción sin Pérdidas. Universidad de los Andes. 2006

## **CAPITULO III. EXPERIENCIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS**

En este trabajo es fundamental la Referenciación (Benchmarking) dado que las experiencias analizadas en diferentes países y ciudades son el insumo necesario para identificar las principales causas de pérdidas y saber con mayor certeza sobre cuáles de esas actividades actuar para mejorar la productividad tanto de las empresas como en general del sector construcción.

En dichos estudios, se analiza la productividad de las empresas con respecto al tiempo empleado por las diferentes actividades, es así como se clasifican los flujos y conversiones en:

- Trabajo Productivo (TP): Es el trabajo realizado en la consecución del resultado de la actividad
- Trabajo Contributivo (TC): Son las actividades que sirven de apoyo a las actividades productivas
- Trabajo No Contributivo (TNC): Son las actividades que no generan ningún valor a las actividades. Estas son denominadas las pérdidas

### **3.1. CHILE**

Los estudios realizados en Chile datan desde el año 2000 y han sido realizados por el Ingeniero Luis Fernando Alarcón<sup>11</sup>, profesor de la Pontificia Universidad

---

<sup>11</sup> Alarcón Luis Fernando. La Agenda de innovación para Lean Construction en Chile. [www.gepuc.cl](http://www.gepuc.cl)

Católica de Chile en el marco del Programa de Excelencia en Gestión de Producción.

De estos estudios, se concluye que las actividades se clasifican así:

TP: 47%

TC: 28%

TNC: 25%

De los análisis, surgen que las principales causas de TNC son:

Esperas:

- Falta de materiales
- Falta de equipo
- Superpoblación
- Discontinuidad

Tiempo ocioso:

- Actitud del trabajador
- Pobre distribución de recursos
- Pobre supervisión
- Sobrepoblación

Desplazamientos:

- Superpoblación
- Falta de recursos
- Pobre supervisión
- Pobres condiciones de trabajo

### Transportes:

- Falta de equipo
- Pobre distribución de recursos
- Método inadecuado

De acuerdo a los resultados, la principal conclusión que resalta el profesor Alarcón es la necesidad de crear modelos generales para la aplicación en proyectos en lo que concierne a evaluación de propuestas y el mejoramiento de obra.

## **3.2. PERÚ**

La experiencia en Perú ha sido analizada por el Ingeniero Walter Rodríguez, profesor de la Universidad Nacional de Lima – Perú<sup>12</sup>.

En 50 proyectos que se analizaron en Lima, se obtuvieron los siguientes resultados:

TP: 28%

TC: 36%

TNC: 36%

Entre sus conclusiones, se genera la necesidad de prestar especial interés a lo que se ha denominado **PROCALSEMA**: **PRO**ductividad, **CA**lidad, Logística,

---

<sup>12</sup> Rodríguez Walter. Procedimiento para mejorar la productividad en las obras y minimizar los costos operativos en la construcción. [www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)

**SE**guridad, **M**edio **A**mbiente; dado que estas son las variables de las cuales dependen directamente los costos operativos en los proyectos.

### **3.3. COLOMBIA**

#### **3.3.1. Medellín**

La investigación realizada en Medellín ha sido desarrollada principalmente por el Ing. Luis Fernando Botero<sup>13</sup>, Profesor de la Universidad EAFIT.

El estudio realizado en 17 obras de 9 diferentes empresas, con 3 sistemas constructivos (mampostería estructural, muros en concreto, aporcado), arrojan los siguientes resultados:

TP: 47%

TC: 37%

TNC: 16%

La principal causa de TNC son las ESPERAS que a su vez se presentan por:

- Falta de equipo
- Falta de material
- Falta de instrucciones
- Producción de concreto
- Actividad previa
- Superpoblación

---

<sup>13</sup> Botero Luis Fernando. Investigación PROFESIONALES ARGOS. [www.escuelaing.edu.co](http://www.escuelaing.edu.co).

### **3.3.2. Bogotá**

La investigación fue realizada por Cristina Núñez como trabajo de grado de su maestría en la Universidad de los Andes<sup>14</sup>.

Dicha investigación fue realizada en 4 proyectos de 3 diferentes constructoras arrojó los siguientes resultados:

TP: 57%

TC: 21%

TNC: 22%

En las conclusiones se refieren las principales causas de TNC en:

Esperas:

- Sobrepoblación
- Falta de equipo y/o herramienta

Tiempo ocioso:

- Conversaciones
- Uso de celular
- Esperas en lugares de descanso

Largos recorridos:

- Mala distribución o localización de recursos

Entre las principales recomendaciones están:

---

<sup>14</sup> Núñez Cristina. Creación de un Sistema de Referenciación en Bogotá, aplicando la Construcción sin Pérdidas. Universidad de los Andes. 2006

- Realizar una acertada planeación a corto y largo plazo
- Organizar eficientemente el acopio de materiales
- Programar mantenimientos preventivos de herramientas y equipos
- Organizar tiempos de trabajo y descanso para evitar sobrepoblación y tiempo perdidos en descansos innecesarios

Es importante ver en general las comparaciones de los diferentes sitios donde se ha realizado este tipo de análisis para tener una visión más general de la situación:

**Cuadro No. 1. Comparación de Tiempos**

PAÍS Y/O CIUDAD	TP	TC	TNC
CHILE	47%	28%	25%
PERÚ	28%	36%	36%
MEDELLIN	47%	37%	16%
BOGOTÁ	57%	21%	22%
ESTANDAR MUNDIAL <sup>15</sup>	60%	25%	15%

Fuente: Autor

De los datos compilados se puede inferir que Colombia no está muy alejada de lo que se maneja como estándar mundial y que es necesario continuar disminuyendo el TNC pero en mayor proporción el TC para así aumentar el TP.

<sup>15</sup> Rodríguez Walter. Procedimiento para mejorar la productividad en las obras y minimizar los costos operativos en la construcción. [www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)

## CAPITULO IV. METODOLOGÍA

Teniendo claridad en el concepto básico del presente documento - Construcción sin Pérdidas - y las causas principales de baja productividad en el desarrollo de actividades constructivas, la metodología que se utiliza para el presente análisis, consistió en recoger información por medio de entrevistas abiertas con los responsables técnicos y administrativos de diferentes constructoras con diversos tipos de proyectos para que apoyados en sus experiencias y conocimientos sobre el tema, los cuales han sido adquiridos, no solo en la academia, sino de manera vivencial en los procesos de obra, se determinara cuáles son las actividades más representativas de los presupuestos de los proyectos. Una vez identificadas, se analizan a profundidad los factores que en éstas generan perdidas y que por consiguiente perjudican la productividad de las mismas, para así realizar un diagnóstico acertado de situaciones y posteriormente plantear recomendaciones de mejora.

Por solicitud de los entrevistados, no se enunciarán detalles de los presupuestos en cuanto a valores, especificaciones técnicas y precios unitarios, ya que esto hace parte de la información confidencial de cada proyecto. No obstante lo anterior, se realizará una breve descripción de los proyectos objeto de análisis con el fin de dar una visión general de cada uno de ellos.

### **Proyecto No. 1**

- Área construida: 6.261 m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 40 apartamentos
- Niveles: 15
- Área en urbanismo: 400 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: tradicional

- Estrato: 5

### **Proyecto No. 2**

- Área construida: 11.000 m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 35 apartamentos
- Niveles: 25
- Área en urbanismo: 1.000 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: tradicional
- Estrato: 6

### **Proyecto No. 3**

- Área construida: 3.900 m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 31 apartamentos
- Niveles: 15
- Área en urbanismo: 350 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: tradicional
- Estrato: 4

### **Proyecto No. 4**

- Área construida: 12.000 m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 72 apartamentos
- Niveles: 15
- Área en urbanismo: 300 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: tradicional
- Estrato: 4

**Proyecto No. 5**

- Área construida: 25.106 m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: casa y apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 150 casas y 200 apartamentos
- Área en urbanismo: 16.547 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: casas en mampostería estructural y apartamentos tipo túnel.
- Estrato: 4

**Proyecto No. 6**

- Área construida: 2.562m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 80 apartamentos
- Área en urbanismo: 5.000 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: apartamentos tipo túnel.
- Estrato: 3

**Proyecto No. 7**

- Área construida: 2.562m<sup>2</sup>
- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 80 apartamentos
- Área en urbanismo: 5.000 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: apartamentos tipo túnel.
- Estrato: 3

**Proyecto No. 8**

- Área construida: 14.233m<sup>2</sup>

- Tipo de unidades de vivienda: apartamentos
- No. De unidades de vivienda. 69 apartamentos
- Área en urbanismo: 400 m<sup>2</sup>
- Sistema constructivo: tradicional con sistema postensado en viguetas
- Estrato: 6

Del análisis de estos proyectos se encuentra que las actividades que más porcentaje representan en la estructura del presupuesto total del proyecto son los siguientes:

**Cuadro No. 2. Porcentajes de Actividades en Presupuesto**

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PARTICIPACION DEL COSTO TOTAL</b>
Estructura	30 - 35%
Pisos y Enchapes	10 - 12%
Carpintería metálica	6 - 7%
Carpintería madera	6 - 7%
Inst. eléctricas y de comunicación	6 - 7%
Inst. Hidrosanitarias y gas	6 - 7%
Cimentación y Preliminares	3 - 6%
Friso	3 - 4%
Mampostería	3 - 4%
Pintura	3 - 4%
Aparatos sanitarios	2 - 4%
Trabajos preliminares	2 - 3%
Equipos, Fomaleta, Herramientas	2 - 3%

Administración	1 – 2%
Limpieza	0.5 – 1%

Fuente: Autor

Es así como con el anterior cuadro se evidencian los capítulos del presupuesto que son más críticos en el desarrollo de los proyectos, entre los que ocupan los primeros lugares son la Estructura con el 35% de incidencia, Pisos y Enchapes con el 12%, carpintería en madera, instalaciones eléctricas y de comunicación e instalaciones hidrosanitarias y de gas, cada uno con el 6 %. Sobre estos capítulos se analizarán posteriormente cuáles son los factores más críticos para así plantear acciones de mejoras.

#### **4.1. ESTRUCTURA**

Este cuadro muestra como los costos del proceso de estructura determinan el mayor porcentaje del desarrollo de un proyecto de construcción, entre un 30 y 35% y de lejos resulta el más significativo en el esquema de cualquier presupuesto. Esto lo convierte en una actividad de especial cuidado, ya que la optimización de la misma llevará a mejores respuestas en el desarrollo del proceso de costos.

En la actividad de estructura, se presentan como críticos los siguientes factores:

##### **4.1.1. Sistemas constructivos**

Estos se escogen de acuerdo a la naturaleza del proyecto y las características de diseño requeridas para cada tipo de proyecto.

Algunos sistemas pueden generar reducciones de tiempo y costo, tales como:

- Sistema Outinord y/o Tunel: Este sistema supone la utilización de formaleta de tipo liviano (Contehc) o de una de tipo más pesado (Outinord) la cual está modulada de acuerdo a espacios y alturas predefinidas. Estos sistemas suponen una gran inversión inicial en la adquisición de los equipos, pero el hecho de que su modulación puede ser usada en diferentes proyectos y la facilidad que presenta la misma en los procesos de armado, los cuales se reducen de manera considerables (50% o 60%) retribuye beneficios representativos en tiempo y costo.

Estos tipos de sistema son los que en nuestro medio han recibido el nombre de industrializados. Esta es una denominación errónea, ya que si bien estos sistemas entran en la línea de los conceptos industrializados, no son la expresión completa de los mismos ni de su filosofía. La idea de llevar a la construcción al campo de la industrialización, como cualquier otra empresa de otro sector, conlleva una serie de cambios en su estructura interna y en su organización, tanto administrativa como técnica que no se limitan tan solo al tipo de formaleta que se use, o la maquinaria que podamos incluir en nuestros procesos. Esta tal vez es la idea mas arraigada en nuestro medio, la cual deben cambiar para asumir una real transformación de nuestras empresas de construcción.

- Sistemas postensados y/o pretensados: Estos sistemas suponen mejoras considerables en las calidades constructivas en los proyectos, y dependiendo de la forma en que se utilicen, reducen los tiempos en porcentajes acordes a la magnitud de su utilización. Es claro ver como

tecnologías de este tipo traen bondades de tipo arquitectónico al permitir la construcción de formas no convencionales al hacer posible el diseño de luces de mayor tamaño y a poder especificar elementos de menor sección en algunos casos. Estas tecnologías tienen aplicaciones muchos más amplias que las del diseño estructural. Cada vez es más frecuente en el país el uso de estas tecnologías en elementos no estructurales, como muros divisorios, fachadas, y otros elementos que se pueden prefabricar, representando unos considerables ahorros no solo en tiempo sino en materiales, gracias a que el proceso se convierte en uno más limpio y dedicado, con menos desperdicios.

#### **4.1.2. Mano de Obra**

El contar con una adecuada optimización del recurso mano de obra es de gran importancia dado que se traduce en que los procesos incurran en los menores desperdicios posibles y que se desarrollen los diseños de la forma más fiel y precisa, evitando así errores de tipo estructural, cuya corrección supone altísimos costos, y falencias de tipo arquitectónico, las cuales pueden ser corregidas en procesos posteriores como los de mampostería y friso, pero que terminan aumentando los costos de los mismos y desdibujando los cálculos iniciales que sobre esta actividad realizó el presupuestador.

La construcción sigue siendo aún en países más desarrollados técnicamente, una industria tradicional donde la utilización de la mano de obra sigue siendo de una alta relevancia. Es en este recurso donde radica la verdadera transformación de los procesos y el verdadero encargado de que las diversas transformaciones y tecnologías pasen del papel a la realidad. Es por eso que en las diversas entrevistas realizadas era recurrente la insistencia de la marcada influencia que tienen en sus proyectos la mano de obra que utilizan.

#### **4.1.3. Materiales:**

Dado que el insumo principal de esta actividad es el hierro y el concreto, se vuelve de gran importancia el manejo eficiente de dichos recursos para evitar desperdicios y pérdidas tales como robos. Estos dos materiales se encuentran entre los mayores costos en cuanto a ítems en el proceso constructivo, y es por eso la importancia de su correcto manejo y utilización.

#### **4.1.4. Equipos y formaleta:**

Otro de los recursos relevantes en esta etapa del proceso constructivo son los equipos, formaletas, herramientas, las cuales deben tener un uso adecuado evitando tiempos muertos, mantenimientos excesivos y desgaste innecesario por mal manejo. Sus costos son tan considerables, que es muy aconsejable un serio análisis de los mismos, llevando muchas veces este a la decisión de adquirir las mismas y no utilizar la modalidad de alquiler.

### **4.2. PISOS Y ENCHAPES**

Esta actividad se ubica en el segundo lugar de participación dentro del costo total del proyecto, entre 10 y 12%. En esta actividad, los factores críticos corresponden a:

#### **4.2.1. Materiales**

Este porcentaje varía considerablemente en relación al tipo de acabado de la obra, siendo tal vez este ítem junto con los aparatos sanitarios y de cocina, los que le

dan una idea al cliente del tipo de proyecto que está adquiriendo. Se puede ver cómo en proyectos con acabados de alta especificación este porcentaje puede ser inclusive mayor al 12%.

En esta actividad como en todas en las cuales el valor del insumo representa un porcentaje importante dentro del costo unitario, es primordial una acertada gestión de compra, la cual debe contemplar no solo las diversas opciones del mercado, sino la negociación temprana de las mismas y la negociación en bloque, de ser posible, logrando así las mejores condiciones comerciales.

En cuanto al manejo que se le dan a estos productos en el proceso constructivo, debido a su alto costo son tratados con sumo cuidado dentro de la obra, reduciendo así el sobrecosto generado por el desperdicio. De igual manera, la tecnología aplicada a los mismos ha llevado a desarrollar materiales más duraderos y de mejor comportamiento, minimizando su incidencia en los costos de postventa.

#### **4.3. CARPINTERIA METÁLICA, CARPINTERÍA EN MADERA, INSTALACIONES ELÉCTRICAS, DE COMUNICACIONES, HIDROSANITARIAS Y DE GAS**

Se encuentran también actividades que representan un alto porcentaje en la estructura del presupuesto, como lo son la carpintería metálica, la carpintería de madera y en general las instalaciones hidrosanitarias, de gas, eléctricas y de comunicaciones. Estas actividades aunque presentan porcentajes significativos en el presupuesto, se rigen por normas técnicas muy claras como es el caso de las instalaciones eléctricas, de gas e hidrosanitarias.

Los factores críticos son:

#### **4.3.1. Materiales**

Por el alto costo de los materiales, en la actualidad la gran mayoría de las constructoras manejan estos contratos bajo la modalidad “todo costo”, reduciendo así la incertidumbre en la variación de los precios de los insumos.

#### **4.3.2. Mano de Obra**

Al ser una actividad con requerimientos altamente especificados por las normas técnicas, la mano de obra debe ser en cierta forma “especializada” ya que cualquier variación durante el desarrollo del contrato genera sobrecostos. Es por esta razón que este factor se incluye en el tipo de contratación “todo costo” con lo cual se evita inoperancias del contratista buscando compensar cualquier valor no contemplado en la cotización inicial.

#### **4.3.3. Gestión de Diseño**

Para que exista un eficiente desarrollo de las actividades mencionadas, es necesario un alto grado de detalle en los diseños, pero sobre todo gran claridad en el alcance final de las obras, ya que cualquier cambio genera sobrecostos.

### **4.4. CIMENTACIÓN Y PRELIMINARES**

Dos actividades que merecen un análisis especial son la cimentación y trabajos preliminares. Estas actividades aunque tienen un porcentaje poco representativo, por lo general resultan siendo sub-presupuestadas.

Estas actividades se encuentran en toda ruta crítica de los proyectos, siendo estas las bases de cualquier otro proceso a realizar, es así como algunos factores críticos son:

#### **4.4.1. Gestión de Diseños**

La alta densificación de la construcción ha llevado a las empresas a construir en lotes que representan un riesgo para las construcciones vecinas, no solo por las características del terreno, sino también por los niveles de excavación a los cuales hay que llegar para cumplir con las especificaciones urbanísticas sobre los parqueos disponibles, tanto para propietarios como para visitantes. Por lo general, al atacar estas actividades se sienten fuertes sobrecostos que se generan por las variaciones que hay que realizar en el proceso constructivo con respecto a los diseños tales como fundidas parciales, elementos de retranque provisionales, sin contar con las series de reparaciones que se deben realizar para volver a su estado inicial los predios aledaños.

#### **4.4.2. Clima**

Esta etapa del cronograma de trabajo se ve fuertemente afectada por las condiciones climáticas, factor que se convierten en un aspecto determinante y merece especial atención, ya que aunque no se puede evitar si debemos tener un control muy estricto de la programación del proyecto para lograr disminuir al máximo las demora que el clima, especialmente, las lluvias pueda ocasionar.

## **4.5. MAMPOSTERÍA Y FRISO**

Los procesos de mampostería y friso adolecen de dos males que se han venido presentando históricamente y que representan los factores críticos:

### **4.5.1. Mano de Obra**

La poca mano de obra calificada para la ejecución de estos trabajos afecta la calidad de los acabados de los proyectos, la cual por su falta de experiencia genera reprocesos en los procesos constructivos y más adelante irreparables problemas de postventa que terminan siendo un fuerte costo para las constructoras y un impacto en el *good will* de la compañía.

Adicionalmente, en la actualidad debido al gran número de proyectos en ejecución en la ciudad y en general en el país, relacionados directamente con el *boom* de la construcción, la mano de obra disponible para este tipo de actividades es bastante escasa, hecho que produce incrementos no solo en los precios de la mano de obra, sino en los tiempos de ejecución inicialmente previstos.

### **4.5.2. Materiales**

La utilización histórica de los mismos materiales constructivos, como lo son el ladrillo y el cemento, no se les ha dado un correcto manejo, ni tampoco se ha evolucionado en la tecnología de su producción o en la consecución de materiales alternativos que a futuro los complementen o reemplacen. Se convierte entonces, cierta la afirmación en que la industria de la construcción adquiere insumos de primera clase a altos costos para luego destruirlos en sus procesos. En este punto es importante como el retiro de escombros significan a veces hasta el 1% de los proyectos. Esto quiere decir que se debe pagar por retirar de los sobrantes de

materias primas mal utilizadas, sobre costo que sumado al del mismo desperdicio deberían verse al final del control de costos como un sobre costo en las actividades de mampostería y friso.

#### **4.6. ADMINISTRACIÓN**

El porcentaje correspondiente a la administración del proyecto dentro de los costos totales del mismo, aunque solo representa alrededor del 1%, varía dependiendo del tamaño y número de proyectos de la constructora y su afianzamiento dentro del mercado, es así como el recurso humano vuelve a ser protagonista como factor crítico:

##### **4.6.1. Recurso Humano**

En pequeñas constructoras el componente administrativo suele limitarse a un almacenista y un ingeniero residente, los cuales se encargan de todos los procesos técnicos y administrativos. Es así como adquiere un valor importante la correcta consecución de este personal, tanto en experiencia, como en calificación, en la medida en que terminan siendo los responsables del proyecto en general.

En contraste, las constructoras de mayor tamaño tienden a ser específicos en sus procesos creando departamentos que se encargan de la parte de diseño, técnica, compra, entre otros, lo cual no necesariamente implica mejores resultados pero sí una estructura escalonada que podría llevar a una optimización de cada proceso en particular.

Aunque estos costos del costo total del proyecto y son los responsables del manejo del porcentaje restante, por lo menos en lo referente a los costos directos, adquiere importancia la capacitación y perfil del personal así como también la estructura organizacional de la constructora, aún en pequeñas empresas, lo cual indudablemente repercutiría en mejoras y reducción en los costos.

Como principal conclusión del anterior análisis, se evidencia que existen factores críticos comunes a las actividades más representativas de los proyectos de construcción tales como Mano de Obra, Recurso Humano, Materiales y Equipos, factores sobre los cuales es necesario crear herramientas y acciones que generen condiciones de mayor productividad para el proceso constructivo.

## **CAPITULO V. RECOMENDACIONES**

Al entrar en el campo de las recomendaciones, debemos ser claros en que las entregadas en este análisis buscan servir de apoyo a pequeñas y medianas empresas, las cuales no tienen grandes estructuras internas ni una gran cantidad de proyectos.

Estas recomendaciones buscan a la vez ser un horizonte, más nunca una norma o estructura rígida para un proceso constructivo. La actividad de construcción en Colombia es totalmente cambiante y se debe amoldar a los recursos y necesidades de cada proyecto en particular y sobre todo con aquellos proyectos de construcción donde las tendencias arquitectónicas son cambiantes, al igual que las necesidades y exigencias del comprador quien es el cliente final y en ultimas el verdadero determinante de esta actividad económica.

No obstante, las teorías que existen y las cuales se trataron en el presente documento, son de aplicación universal, y pueden ser emprendidas por pequeñas o grandes empresas, cada una en su escala y dimensión. La visión de una empresa constructora dentro del campo de la industrialización llevará a que este sector económico a futuro se fortalezca y madure, manejando cada vez de una mejor manera su dependencia con los procesos cíclicos que históricamente la han determinado.

A continuación se presentarán una serie de herramientas y controles que son de gran importancia, algunos se han desarrollado anteriormente en análisis similares, otros son de recomendaciones propias; pero en su base buscan la toma de datos y el correspondiente análisis y aplicación de actividades de mejoramiento. En este sentido igualmente cobra gran importancia el Sistemas de Gestión de Calidad de

las empresas, el cual genera condiciones claras y concretas de mejoramiento con base en mediciones de procesos y toma de acciones correctivas y preventivas.

## **5.1. MANO DE OBRA**

Uno de los factores críticos en este aspecto es la forma de contratación de la mano de obra, la cual muchas veces se realiza por medio de un Contratista (Maestro) de Mano de Obra, quien tendrá bajo su cargo todo el personal y será el encargado de la supervisión y el control directo, condicionando así el pago al desempeño y al rendimiento, es decir por avance de obra. Este factor muchas veces genera la subcontratación y el mal pago de los obreros, lo que se traduce muchas veces en un deficiente desempeño laboral.

Se recomienda que la contratación se realice directamente por administración bajo la supervisión del residente de obra y del maestro con el fin de realizar un seguimiento más disciplinado, mejores condiciones laborales, justa remuneración y por lo tanto mayor eficiencia laboral, lo cual redundará en la disminución de las pérdidas del proyecto.

Otro factor importante en lo que respecta a la Mano de Obra es la falta de capacitación técnica en diversas actividades específicas. Para contrarrestar esta situación, se recomienda tener programas de capacitación continuada tanto interna como externa con la cual se logren fortalecer las competencias de la mano de obra.

Es importante tener total claridad de los requerimientos de cada cargo para así realizar una buena labor de selección, es así como se recomienda realizar un Perfil de Cargo como base en el siguiente formato:

**Formato No. 1. Perfil de Cargo**

<b>CARGO:</b>
1. RESPONSABILIDADES:
2. AUTORIDAD
3. ELEMENTOS DE COMPETENCIA:
3.1 EDUCACIÓN:
3.2 FORMACION
3.3 HABILIDADES
3.4 EXPERIENCIA

Fuente: Autor

Cada participante de las actividades debe ser continuamente evaluado con el fin de tener claridad en el cumplimiento del perfil y las acciones a tomar en aquellas áreas donde sus competencias no sean las adecuadas. Dicha evaluación se

recomienda que se realice cada 3 meses y se toma como base el siguiente formato:

**Formato No. 2. Evaluación del Personal**

COMPETENCIA		DESARROLLO INDIVIDUAL	NIVEL
EDUCACIÓN			
FORMACIÓN			
HABILIDADES			
EXPERIENCIA			
TABLA DE DIAGNOSTICO DE NIVEL DE COMPETENCIA			
<i>Desarrollo Individual</i>			<i>Nivel</i>
<b>D</b>	NO POSEE LA COMPETENCIA. REQUIERE DE CAPACITACIÓN PARA DESARROLLARLA		0 – 40
<b>R</b>	DEMUESTRA QUE POSEE LA COMPETENCIA PERO NECESITA INCREMENTARLA UN POCO MAS		41 -60
<b>B</b>	SU NIVEL DE COMPETENCIA ES SUFICIENTE PARA DESARROLLAR EL CARGO		61 - 80
<b>E</b>	EL NIVEL DE LA PERSONA EN ESTA COMPETENCIA ES SUPERIOR A LA NECESARIA		81 - 100
<b>Promedio Nivel</b>			
<b>Plan de Acción</b>			

Fuente: Autor

Una vez sean identificadas las competencias de bajo puntaje, se debe realizar el Plan de Acción que cubre el desarrollo de las capacitaciones, las cuales a su vez

se deben evaluar con el fin de analizar el cumplimiento del propósito en mejoramiento de los perfiles. Para esto se recomienda utilizar el siguiente formato:

**Formato No. 3. Solicitud de Capacitación.**

<b>Capacitación solicitada por:</b>	<b>Capacitación dirigida a:</b>
<b>Cargo:</b>	
<b>Nombre:</b>	
<b>Fecha:</b>	
Tipo de capacitación	
Interna	Externa
Descripción:	Descripción:
Objetivo de la capacitación	
Se aprueba la solicitud: Si No ___ Porque:?	
Nombre, cargo y firma del responsable:	
Capacitación a iniciar antes de: Tiempo de capacitación:	

Fuente: Autor

**Formato No. 4 Evaluación de la Capacitación**

Tipo de evaluación	Calificación promedio	Observaciones	
No de personas:  Recomendaciones:  Responsable y Cargo:  Anexos: Listado de asistencia: Si__ No__ Formato de evaluación: Si__ No__			
<b>Deficiente: &lt; 40</b>	<b>Regular 40 – 60</b>	<b>Bueno 60 - 80</b>	<b>Excelente &gt; 80</b>

Fuente: Autor

Es igualmente deseable que la mano de obra cuente con el título técnico acorde a su actividad, de tal forma que la exigencia de una capacitación formal sea aplicada por todos los empresarios, generando así como necesidad para los empleados el capacitarse y el fortalecer sus competencias. Solo con este tipo de exigencias se logrará la formalización de la mano de obra y la concientización de una capacitación continua que redundará en las mejores condiciones laborales y por ende en el mejoramiento de su calidad de vida.

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar los siguientes indicadores:

**Cuadro No. 3. Indicadores de Capacitaciones**

INDICADOR	OBJETIVO	FÓRMULA DE CÁLCULO
Capacitaciones	Evaluar la identificación de necesidad de capacitaciones y realización de las mismas	$\frac{\text{(Capacitaciones realizadas)}}{\text{(Capacitaciones solicitadas)}}$
Evaluación de la capacitación	Revisar si la capacitación logró las metas propuestas	Resultado promedio de la evaluación
Evaluación de desempeño	Revisar si los empleados cumplen con los requerimientos del perfil de cargo	Resultado de la evaluación

Así mismo, se deben implementar herramientas de análisis en campo donde se evalúe la productividad de los trabajadores, herramientas diseñadas por Botero<sup>16</sup> e implementadas con excelentes resultados en proyectos objeto de estudio:

#### **5.1.1. Muestreo de Trabajo**

El muestreo de trabajo consiste en la realización de observaciones directas sobre el sitio de trabajo que permite la comprobación de la utilización de los recursos y equipos con el fin de detectar problemas que vayan en detrimento de la productividad del proceso y por ende un incremento en los costos asociados a la mano de obra.

---

<sup>16</sup> BOTERO Luis Fernando, Construcción sin Pérdidas. 2004

Este tipo de análisis de la productividad se puede realizar de dos formas: observación directamente en una actividad específica o por el contrario abarcar la totalidad del proceso constructivo.

Las ventajas que menciona Botero<sup>17</sup> sobre el muestreo de trabajo hacen referencia a la facilidad con que los datos pueden ser tomados y su respectivo procesamiento y análisis y a la economicidad que representa para el proceso.

Para este análisis Botero propone un formato para la realización del muestreo de trabajo, el cual es el siguiente:

**Formato No. 5. Muestreo de Trabajo**

IDENTIFICACIÓN		TIEMPOS			OBSERVACIONES
OBRERO	PISO/ZONA	T.P.	T.C.	T.N.C	

Fuente: Botero

Una vez adquiridos los datos, el análisis de éstos puede conducir a detectar los trabajos no contributivos (T.N.C) generando pérdidas para el proceso, los cuales una vez reparados contribuirán a incrementar la productividad y por consiguiente a una reducción de los costos del proyecto.

**5.1.2. Encuesta de Detenciones y Demoras**

---

<sup>17</sup> Ibidem

Este método sugerido por Botero<sup>18</sup> para identificar y detectar las pérdidas, hace referencia a identificar las pérdidas causadas por detenciones del personal. Este control debe ser llevado por los administradores y Botero propone el siguiente formato que permite con facilidad el tiempo muerto en un proceso:

**Formato No. 6. Detenciones y Demoras**

<b>CUADRILLA</b>	<b>NÚMERO DE OBREROS</b>		
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>		
<b>PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERRUPTIONES EN EL TRABAJO</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Número de obreros</b>	<b>Horas-hombre perdidas</b>
Esperando por materiales (bodega)			
Esperando por materiales (externo)			
Esperando por herramientas no disponibles			
Esperando por equipos			
Modificaciones / rehacer trabajo (errores de diseño)			
Modificaciones / rehacer trabajo (errores de prefabricación)			
Modificaciones / rehacer trabajo (errores de construcción)			
Traslados a otras áreas de trabajo			
Esperando por información			
Interferencia con otras cuadrillas			

---

<sup>18</sup> Ibidem

Sectores congestionados con trabajadores			
Otros			

Fuente: Botero

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar los siguientes indicadores<sup>19</sup>:

**Cuadro No. 4. Indicadores de Mano de Obra**

INDICADOR	OBJETIVO	FORMULA DE CÁLCULO
Mano de Obra	Determinar la eficiencia de la mano de obra	(Horas Hombre Real) / (Horas Hombre Presupuestada)
		(Costo Real) / (Costo Presupuestado)

Estos indicadores permiten depurar los análisis unitarios, los rendimientos teóricos, y adicionalmente sirven como medida real de la mano de obra, siempre en busca de su especialización.

Esta información se debe medir en cada una de las etapas constructivas buscando así un análisis particular de cada proceso.

**5.2. MATERIALES:**

---

<sup>19</sup> Rojas Vera Raúl. La Construcción en [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

Otro de los factores críticos analizados en las principales actividades del proceso constructivo son los materiales, con los cuales se debe tener especial cuidado en aspectos tales como:

### **5.2.1. Disponibilidad**

Se pueden presentar pérdidas en productividad por falta de acceso a los materiales e insumos requeridos en las diferentes actividades. Para evitar esa situación se debe tener especial cuidado en el seguimiento de la planificación del proyecto para así realizar una adecuada gestión de compras. Se recomienda usar el siguiente formato.

#### ***Formato No. 7. Control de Pedido de Material***

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Proveedor</b>	<b>Fecha de pedido</b>	<b>Fecha de entrega programada</b>	<b>Fecha real de llegada</b>	<b>Días de atraso</b>	<b>Porcentaje de cumplimiento</b>

Fuente: Autor

Este formato varía en su temporalidad de uso de acuerdo al ritmo de la obra. En etapas donde la obra tiene un movimiento pausado o marcado por procesos casi que cíclicos, como lo es el proceso de armada y fundida de placas y elementos verticales, los pedidos y su control se hacen más pensando en la disponibilidad de almacenamiento de la obra y del ritmo en que se calculan estas fundidas. En etapas más avanzadas, como lo es la de acabados, el ritmo de pedidos es constante y de la misma manera debe ser su control. Para cuando la obra llega a

este porcentaje de avance, se unen múltiples procesos de manera simultánea y esto debe agudizar el nivel de control. En sí lo que formatos de este tipo buscan, es identificar los tiempos acordes de pedidos por cada uno de los materiales para poder llegar a semejar procesos de inventarios cero, los cuales son imposibles de ejecutar al cien por ciento, pero que llevan a una optimización total de los recursos y a regularizar los flujos de caja.

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar los siguientes indicadores:

**Cuadro No. 5. Indicadores de Compras**

INDICADOR	OBJETIVO	FÓRMULA DE CÁLCULO
Compras	Determinar los atrasos del proceso	$(\text{N}^\circ \text{ de pedidos atrasados} / (\text{N}^\circ \text{ total de pedidos}))$
		$(\text{N}^\circ \text{ de actividades en espera} / (\text{N}^\circ \text{ de actividades en el periodo}))$
	Determinar la conformidad con las especificaciones	$(\text{N}^\circ \text{ de pedidos con errores} / (\text{N}^\circ \text{ total de pedidos}))$

Indicadores de este tipo, aplicados de forma general dan una idea de la gestión de compras del proyecto y cuando se hace de forma particular a cada proveedor proporciona una idea de su desempeño con miras a futuras compras.

Su aplicación debe ser de manera mensual concordando con los procesos ordinarios de control de costos.

### 5.2.2. Desperdicio

Otro de los problemas más comunes en lo que concierne a materiales es el desperdicio de los mismos, por causas como por ejemplo por la falta de control en el consumo. Es indispensable entonces contar con los controles adecuados para evitar incurrir en dichas pérdidas. Se recomienda el uso del siguiente formato:

#### ***Formato No. 8. Control de Desperdicio de Material***

Código	Descripción	Und	Cantidad presupuestada	Actividad (Destino)	Cantidad usada	Porcentaje de desperdicio

Fuente: Autor

Cualquier formato de este tipo, en el cual se pueda determinar a futuro de forma estadística porcentajes reales en procesos internos lleva a mejores planeaciones y presupuestaciones de obra y permite mantener un estándar de eficiencia, en este caso, de la utilización de los materiales.

No es novedad el hecho de que como industria, se compran costosos materiales, los cuales durante el proceso constructivo y en su manipulación, terminan por ser subutilizados y se reducen muchas veces a escombros. Los casos específicos de la mampostería y el friso son ejemplos latentes de este hecho.

El control del uso de los materiales lleva a controlarlos de una forma más rigurosa y eficiente y lleva a pensar a futuro en nuevos y más limpios sistemas constructivos, como lo ha demostrado el uso de las tecnologías de construcción liviana.

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar los siguientes indicadores:

**Cuadro No. 6. Indicador de Materiales**

INDICADOR	OBJETIVO	FÓRMULA DE CÁLCULO
Pérdida de materiales	Determinar el desperdicio de los procesos	$(\% \text{ de pérdidas de materiales}) / (\text{total completado})$

La aplicación de indicadores de este tipo debe ser continua, en su defecto quincenal, buscando siempre que su periodicidad concuerde con los ciclos constructivos para poder tener información confiable.

Lo que se debe buscar en estos procesos es llegar a reducir al mínimo los volúmenes de producción de escombros en obra, los cuales son directamente proporcionales al mal uso de los mismos durante el proceso constructivo.

### **5.3. EQUIPOS**

Otro de los factores resultantes como crítico en los procesos constructivos es el uso eficiente de equipos, herramientas, formaleta, entre otros. Los principales problemas que se presentan son los siguientes:

- El uso inadecuado.

- La falta de control de la misma, lo cual produce tiempos muertos con altísimos costos para la empresa.
- La falta de pertenencia sobre la misma, lo cual libera a todos de la responsabilidad de su buen uso.
- Su inadecuado mantenimiento.
- Su inadecuado almacenamiento.

Es así como es recomendable usar herramientas de control de mantenimientos, con los cuales se harían seguimientos periódicos de acuerdo al siguiente formato:

**Formato No. 9. Control de Mantenimientos**

<b>IDENTIFICACIÓN</b>		<b>CARACTERÍSTICA</b>	
<b>MARCA</b>			
<b>OPERARIOS AUTORIZADOS PARA SU MANEJO:</b>			
1.			
2.			
3.			
<b>BITÁCORA PARA REPARACIONES Y MANTENIMIENTOS</b>			
<b>FECHA</b>	<b>CLASE DE TRABAJO</b>	<b>EFFECTUADO POR</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Responsable y firma del control de mantenimiento:			

Fuente: Autor

Así mismo, se recomienda implementar controles para el uso presupuestado de los equipos durante el proceso constructivo con el fin de no generar sobrecostos por la mala administración de dichos recursos. A continuación se presenta un formato que permite el control de uso de los equipos, tanto propios como alquilados.

**Formato No. 10. Control de Uso de Equipos**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad presupuestada</b>	<b>Actividad (destino)</b>	<b>Cantidad usada</b>	<b>Porcentaje de desperdicio</b>

Fuente: Autor

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar el siguiente indicador:

**Cuadro No. 7. Indicador de Mantenimientos**

<b>INDICADOR</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>FÓRMULA DE CÁLCULO</b>
Horas de mantenimiento	Determinar las horas que permanecen los equipos en mantenimiento	$(\text{Horas de Mantenimiento Reales}) / (\text{Horas de Mantenimiento Presupuestadas})$

Este indicador, al igual que aquellos que dan ideas sobre el tema de materiales, son básicos para mejorar los rendimientos teóricos y llevar a si a un nivel más depurado de los presupuestos, ya sea para futuros proyectos o para replantear a tiempo los que están en curso o en ejecución. De igual manera sirven como base para analizar la viabilidad y conveniencia de adquirir equipos en vez de tomarlos en alquiler.

#### **5.4. GESTIÓN DE DISEÑOS**

Aunque se han analizado los proyectos desde un punto de vista basado esencialmente en los costos directos, resulta innegable la importancia de la incidencia de los diseños, comprendiendo en ellos no solo los arquitectónicos y estructurales, sino todos aquellos que le dan estructura al proyecto tales como el diseño eléctrico, hidrosanitario y de gas entre otros.

La gestión de diseños se convierte entonces en el alma del proyecto y la real determinante de sus características y alcances. Es por esto que no es explicable que en nuestro medio, los proyectistas anden por caminos diferentes y que al momento de iniciar el proyecto, y peor aun durante su desarrollo, los ejecutores del mismo traten de acoplar el proyecto como quien une una colcha de retazos, teniendo que entrar en las muy comunes decisiones de afectar elementos estructurales debido a necesidades arquitectónicas o de otros proyectistas o viceversa, todo esto en detrimento de la calidad del proyecto.

Por eso es básico que para que esta idea de la industrialización de la construcción se concrete, este apoyado en la base de una verdadera gerencia de la construcción, donde sus responsables no sean solo ejecutores.

La gerencia de un proyecto supone entonces una integración de los diseños. Esta integración debe acoplar los diferentes proyectos y debe mediar de la mejor forma para que estos no se vean afectados y así mantener el equilibrio entre los mismos. Es claro que se van a presentar cambios durante el proceso de terminación de diseños y constructivo; lo importante es asegurar que estos cambios sean adoptados por todos los proyectistas y que lo construido refleje fielmente lo diseñado.

Es una práctica aceptada, tener un bosquejo general del proyecto y de sus alcances comerciales y con éste presupuestar e iniciar un proceso de ventas del mismo. La experiencia de algunas empresas puede llevar a que esta práctica sea bastante acertada y cercana a los costos finales de construcción. Esta práctica en si puede ser válida; lo que no es válido es que este proceso determine como tal los diseños del proyecto.

Se debe iniciar luego de esa conceptualización de ventas un proceso detallado y en conjunto de los diferentes proyectistas para llegar al diseño definitivo, completo y con especificaciones claras y definidas en su totalidad, el cual debe ser de nuevo presupuestado y comparado con el inicial para tener un panorama real de costos.

En la práctica es necesaria una coordinación de diseños que contemple un registro de modificaciones a los planos, la cual permita saber de sus variaciones en el tiempo, así como también es fundamental un control de actualizaciones para tener seguridad de que todos los proyectistas están bajo la última versión; así como la exigencia de la entrega de los diseños en su completud por parte de cada proyectista.

Se hace necesaria la visión de un director de proyecto que, analizando la secuencia constructiva, pueda determinar los puntos de choque entre los diseños, los trate de clarificar y los pueda resolver con las partes implicadas.

Todo lo que antes de iniciar en forma el proyecto se haga al respecto, va a retribuir en beneficios para el mismo.

Muchas veces por falta de coordinación o buscando algún tipo de economía equivocada, el director y/o residentes del proyecto entran al proceso cuando las labores ya han iniciado y los diferentes proyectos ya están en sus versiones finales de diseño, las cuales muchas veces no han sido analizadas. Esto por lo general genera retrasos mientras este personal se familiariza con los planos y características, y generalmente se dejan pasar detalles que cuando se deben resolver, terminan haciéndose con costosas decisiones que no hubieran existido si esta planeación se hubiera hecho a tiempo.

En cuanto a este tema es muy diversa la manera como se puede tomar la información. Lo importante es que en los formatos que se utilicen se puedan tener en cuenta el tiempo de respuesta de los diferentes diseñadores y sus habilidades específicas para su campo de acción.

Para las anteriores actividades, se recomienda implementar los siguientes indicadores:

**Cuadro No. 8. Indicadores de Control de Diseños**

<b>INDICADOR</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>MÉTODO DE CÁLCULO</b>
Diseño	Cambios de diseño	(N° de cambios) / (Total de Planos)
	Errores / omisiones	(N° de errores) / (Total de Planos)

### **5.5. INDICADORES GENERALES DEL PROYECTO:**

Finalmente los proyectos son básicamente el desempeño de su productividad. No obstante la productividad de un proyecto, no podrá darse si no se evalúa el proceso dentro de su entorno; es entonces donde aparece la importancia de tener indicadores en otros campos que son anexos y se complementan con la productividad dentro del proceso constructivo. Estos procesos son los que pueden en algún momento servir de base para planificaciones más acertadas a la realidad y presupuestos más ejecutables

El objeto de estos indicadores es medir esa experiencia que se va ganando proyecto a proyecto y buscar obviamente que aprendiendo de la historia no se repitan errores del pasado. Estos indicadores deben realizarse durante la etapa de diseño y luego de terminada la ejecución del proceso constructivo con el fin de determinar la forma como el proyecto se desarrolló.

### 5.5.1. Por Resultados

**Cuadro No. 9. Indicadores de Resultados Generales del Proyecto**

RESULTADO	PARÁMETRO	UNIDAD
Costo	Desviación del Costo	(Costo Real) / (Costo Presupuestado)
Plazo	Desviación del Plazo	(Plazo Real) / (Plazo Presupuestado)

### 5.5.2. Por Procesos

**Cuadro No. 10. Indicadores de los Procesos Involucrados en un Proyecto**

PROCESO	PARÁMETRO	UNIDAD
Construcción	Productividad	Real / Presupuestada
	Rendimiento	Horas hombre / m3
	Retrabajos	Horas Hombre de retrabajo / Horas Hombre totales
Planificación	Efectividad de la planificación	% de actividades Completadas = N° de actividades totalmente Completadas / N° de actividades planificadas

### 5.5.3. Por Variables

**Cuadro No. 11. Indicadores de Acuerdo a Variables Presentes en un Proyecto**

VARIABLE	PARÁMETRO	UNIDAD
Seguridad	Índice de accidentalidad	(N° de accidentes) x 100 / N° total de trabajadores
	Tasa de Riesgo	(N° Días perdidos) x 100 / Promedio anual de trabajadores

## CONCLUSIONES

1. El sector de la construcción después de la crisis presentada entre 1997 y el 2002 ha presentado un crecimiento acelerado, el cual supera el incremento de la economía nacional colombiana, lo que ha llevado a que diferentes empresas busquen métodos que permitan el control de costos y reducción de las pérdidas y por ende un incremento en la productividad.
2. El sector de la construcción a nivel mundial ha buscado diferentes mecanismos para incrementar su productividad implementando y ajustando metodologías propias de la industria manufacturera con excelentes resultados. Lo anterior indica que el sector de la construcción ya no es un sector aislado que impide la estandarización de procesos; por el contrario, se encuentra en un proceso de evolución continua bajo teorías que permiten la creación de parámetros y/o indicadores posibilitando la realización de comparaciones dentro del mismo sector, así como también con otros sectores de la economía.
3. La aplicación de la metodología de Construcción sin Pérdidas en un proceso constructivo permite detectar en muy corto tiempo y con facilidad aquellos factores que inciden negativamente en la productividad y a su vez brinda el procedimiento a seguir para disminuir las pérdidas y aumentar la eficiencia y la eficacia en el proceso.
4. La metodología de Construcción sin Pérdidas le ofrece a las firmas constructoras, tanto grandes, como medianas y pequeñas, la oportunidad para autoevaluarse al analizar aspectos administrativos, operativos y su interacción

dentro del proceso constructivo que puedan afectar su productividad, y mostrando a su vez soluciones eficaces y eficientes a muy bajo costo.

5. En el proceso constructivo, se presentan actividades que son críticas para el desarrollo de los proyectos en lo que respecta a la incidencia porcentual que cada una de estas representa en el costo total del mismo. Dichas actividades son principalmente y en su orden de importancia Estructura, pisos y Enchapes, Carpintería metálica, carpintería en madera, instalaciones eléctricas, de comunicaciones, hidrosanitarias y de gas entre otras actividades.

6. Para todas las actividades se encontraron factores críticos comunes, de los cuales, si se presentan problemas o inconsistencias, pueden generar *PÉRDIDAS*. Dichas Pérdidas están definidas como resultado de la baja productividad de las actividades o lo que es lo mismo, *los tiempos no contributivos (TNC)*. Los factores críticos detectados fueron: Mano de Obra, Materiales, Equipos y Gestión de Diseños.

7. Es esencial la búsqueda e implementación de acciones que logren la disminución de las características que generan las pérdidas en los factores críticos antes mencionados. Así mismo, dicha implementación debe ser evaluada por medio de indicadores previamente establecidos, los cuales darán como resultado datos cuantitativos y medibles de los procesos, lo cual redundará en la mayor facilidad de análisis, detección de inconvenientes, toma de acciones, mejoras en los procesos, aumento de la productividad de las empresas y mejor desempeño del sector construcción a nivel regional y nacional; factor este indispensable para disminuir los riesgos latentes de resultados positivos y negativos de manera cíclica en un entorno tan variable como lo es el de la economía nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, Luis Fernando. La Agenda de innovación para Lean Construction en Chile . [www.gepuc.cl](http://www.gepuc.cl)
- BOTERO Luis Fernando, Construcción sin Pérdidas. 2004
- Botero Luis Fernando. Investigación PROFESIONALES ARGOS. [www.escuelaing.edu.co](http://www.escuelaing.edu.co).
- CAMACOL, Informe Económico. Enero 31 de 2008. [www.camacol.org.co](http://www.camacol.org.co)
- CAMACOL. Presentación Actividad Edificadora en Santander . Febrero 27 de 2008. [www.camacol.org.co](http://www.camacol.org.co)
- KOSKELA Lauri. Application of the New Production Philosophy to Construction. 1992 . [www.leanconstruction.org](http://www.leanconstruction.org)
- Nuñez Cristina. Creación de un Sistema de Referenciación en Bogotá, aplicando la Construcción sin Pérdidas. Universidad de los Andes. 2006
- Rodríguez Walter. Procedimiento para mejorar la productividad en las obras y minimizar los costos operativos en la construcción. [www.udistrital.edu.co](http://www.udistrital.edu.co)
- Rojas Vera Raúl, La Construcción en [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- Sistema Nacional de Competitividad. Comités Técnicos – Comité de la Construcción. Noviembre de 2007. [www.snc.gov.co](http://www.snc.gov.co)

- Sistema Nacional de Competitividad. Comités Técnicos – Comité de la Construcción. Noviembre de 2007. [www.snc.gov.co](http://www.snc.gov.co)
- URIBE BOTERO BEATRIZ, Informe ante Asamblea Camacol Regional Santander. Febrero 27 de 2008.