

**MEJORAMIENTO DE GESTIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN MEDIANTE EL  
SISTEMA “ÚLTIMO PLANIFICADOR”**

Autor:

**ING. RAFAEL AUGUSTO PERDOMO ARDILA**

Tesis para optar el título de Magíster en Ingeniería Civil

Asesor:

**ING. DIEGO ECHEVERRY CAMPOS Ph.D**

Universidad de los Andes

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Área de Ingeniería y Gerencia de la Construcción

Bogotá D.C, Diciembre de 2004

Bogotá, Diciembre de 2004

Ingeniero

**Luís Alejandro Camacho**

Coordinador Magíster en Ingeniería Civil

Universidad de los Andes

LC

Estimado Ingeniero.

Me dirijo a usted con el fin de hacer entrega oficial de mi tesis de grado titulada “Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema “Último Planificador”, como requisito para obtener el título de Magíster en Ingeniería Civil, y que fue asesorada por el Ing. Diego Echeverry Campos.

Agradezco su atención,

Cordialmente.

**Ing. Rafael Augusto Perdomo Ardila**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que todo agradecerle a Dios por permitirme dar un gran paso en mi vida personal y profesional, y darme la posibilidad de forjarme un futuro mucho mejor.

Un especial agradecimiento a mis padres por su guía y apoyo incondicional, sin el cual no podría realizar todo lo que he hecho hasta el momento.

Agradezco al Ing. Diego Echeverry Campos por su apoyo y colaboración en todo lo largo de la maestría y en la elaboración de mi tesis; A los doctores Luis Fernando Alarcón y Luis Fernando Botero por la información facilitada, la cual fue de mucha ayuda para el desarrollo de este documento; Y a las empresas constructoras que apoyaron la implementación de las estrategias que aquí se plasman.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.	3
1.2 Objetivos específicos.	3
1.3 Motivación.	4
1.4 Alcance.	4
2. ANTECEDENTES.	5
3. METODOLOGÍA DESARROLLADA.	16
4. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE GESTIÓN MEDIANTE EL SISTEMA “ÚLTIMO PLANIFICADOR”	18
4.1 Conceptos generales.	18
4.2 Estrategia general de aplicación.	27
4.3 Incentivo a empresas del sector de la construcción para la aplicación del sistema.	37
4.4 Estrategia preliminar para comprobación del sistema.	53
4.5 Conversaciones con empresas constructoras	55
4.6 Pasos a seguir	57
5. CONCLUSIONES.	59
6. RECOMENDACIONES.	60
7. BIBLIOGRAFIA.	62
8. ANEXOS	
Formatos para aplicación del sistema.	

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Esquema del proceso de producción. [Koskela, 1992]	6
Figura 2.2. Mejoramiento del desempeño, de acuerdo con el enfoque tradicional, de calidad y la filosofía lean. [Koskela, 1992]	7
Figura 2.3 Modelo del proceso de producción en construcción. [Serpell, 1995]	8
Figura 2.4 Causas de pérdidas en la productividad. [Serpell, 2002]	9
Figura 2.5 Clasificación de las causas de las pérdidas. [Alarcón, 1994]	10
Figura 2.6 Origen de las Causas de No-Cumplimiento de la Planificación. [Alarcón, 2002]	14
Figura 4.2.1 Procedimiento para captación de datos en obra y obtención de resultados. [Botero, 2003]	30

## INDICE DE TABLAS

Tabla 4.2.1 Propuesta de actividades de análisis.	33
Tabla 4.3.1 Desempeño de proyectos de acuerdo a la distribución del trabajo. [Botero y Álvarez, 2003]	40
Tabla 4.3.2 Indicadores de eficiencia. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	53

## INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 4.3.1	Distribución general de categorías del trabajo. Chile. [Serpell, 1995]	38
Gráfica 4.3.2	Distribución general de categorías del trabajo. Medellín 2002. [Botero, 2002]	39
Gráfica 4.3.3	Distribución general de categorías del trabajo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	39
Gráfica 4.3.4	Distribución del tiempo por obra estudiada. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	41
Gráfica 4.3.5	Resultados de tiempos por sistema constructivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	42
Gráfica 4.3.6	Resultados de tiempos por empresa. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	42
Gráfica 4.3.7	Distribución de tiempos por actividad. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	43
Gráfica 4.3.8	Distribución del tiempo no contributivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	44
Gráfica 4.3.9	Distribución del tiempo contributivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	45
Gráfica 4.3.10	Estudio de pérdidas. Chile 2003. [Botero y Álvarez, 2003]	45
Gráfica 4.3.11	Evolución del PAC en varias empresas. Chile. [Alarcón, 2002]	47
Gráfica 4.3.12	Mejoramientos de productividad observados en proyectos de varias empresas. Chile. [Alarcón, 2002]	47
Gráfica 4.3.13	Evolución del PAC. Chile. [Alarcón y Cruz, 1997]	48
Gráfica 4.3.14	Indicadores globales de productividad. Chile. [Alarcón y Cruz, 1997]	49

## 1. INTRODUCCIÓN

Los beneficios que se han obtenido en la productividad, están reflejados en los ahorros no solo de dinero, sino de tiempos de producción y mejoras sustanciales con respecto a la calidad, la cual muchas veces no se tiene en cuenta; esto se ha obtenido debido a la exitosa aplicación de los sistemas de “lean production” en diferentes sectores de la industria, los cuales han motivado su adecuación y aplicación en el sector de la construcción a través de la filosofía “lean construction”.

En la actualidad se ha hecho necesario en nuestro medio, incrementar cada vez más la productividad de las empresas, y así obtener grandes beneficios, buena rentabilidad, una posición estable en el mercado, posibilidades de expansión y cada vez ser más competitivas con los proyectos que realizan; manteniendo una alta calidad y logrando así, la satisfacción de cada uno de los clientes involucrados.

Las empresas constructoras se enfrentan a grandes demoras y desperdicios, debido a la ausencia de una adecuada planeación de los procesos basados en mano de obra no calificada y sin considerar la relación entre ellos.

El Sistema “Último Planificador” (SUP) esta basado en los principios de la teoría Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) la cual data desde comienzos de los 90’s.

Su finalidad es incrementar la confiabilidad de la planificación y con esto mejorar los desempeños y avances de los proyectos.

Para este efecto el sistema provee herramientas de planificación y control efectivas aún en proyectos complejos, inciertos y rápidos. En este tipo de proyectos a menudo se argumenta que es imposible planificar con los sistemas tradicionales debido a la gran incertidumbre que presentan y a la rapidez con que cambian las condiciones que los rodea.

El SUP está especialmente diseñado para mejorar el control de la incertidumbre en los proyectos aumentando la fiabilidad de los planes. El incremento de la confiabilidad del plan se realiza tomando acciones en diferentes niveles en el sistema de planificación.

Planificar consiste en definir lo que será realizado y cómo será realizado y controlar consiste en hacer que esto ocurra. De esta manera en el SUP un proyecto se considera bajo control cuando podemos hacer lo que decimos que vamos a hacer. El sistema proporciona herramientas para lograr que esto ocurra pero son finalmente las personas las que hacen que cualquier método funcione por lo que resulta esencial que quienes participan en el proceso de planificación aprendan a asumir y mantener compromisos confiables. Los planes a cada nivel representan compromisos con alguien; al nivel más alto con el Mandante, al nivel de los últimos planificadores a las cuadrillas que trabajan en paralelo. La coordinación es muy difícil cuando el flujo de trabajo es poco confiable y resulta realmente imposible cuando la gente no cumple sus compromisos. En algunos casos, asumir compromisos confiables puede significar decir que “NO” si se considera que es poco probable o imposible cumplir un compromiso. Esto no es algo aceptado en nuestra cultura tradicional en los proyectos donde estamos acostumbrados a decir que “Si” aún cuando sabemos o sospechamos que un compromiso no se cumplirá.

El SUP tiene cuatro niveles de planificación donde se va refinando el plan y la incertidumbre se va reduciendo a través de una consideración cuidadosa de lo que DEBERIA hacerse y lo que efectivamente PUEDE realizarse. Planificando de esta manera se mantiene los objetivos siempre presentes para el equipo del proyecto y ayuda a identificar y a remover obstáculos para alcanzarlos. [Alarcón, 2003]

Con esta tesis se busca crear conciencia en las empresas del sector de la construcción sobre la implementación de estas nuevas filosofías de mejoramiento de productividad no solo en los proyectos de construcción sino, en todos los niveles de la compañía. Se propone una estrategia preliminar y general como base a seguir para su implementación en varios proyectos de la ciudad de Bogotá y sus alrededores.



## **1.1 OBJETIVO GENERAL.**

Presentar una estrategia apropiada para el mejoramiento de la productividad y gestión en la construcción, mediante nuevas filosofías “lean”, en particular el sistema “Ultimo Planificador”, motivando a empresas del sector para la implementación de este, en varios proyectos de la ciudad de Bogotá y sus alrededores.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Presentar y dar a conocer al interior de las empresas las nuevas filosofías de mejoramiento de gestión, ya que al ser relativamente nuevas en nuestro medio, son para muchos, desconocidas.
- Fomentar en las compañías una cultura de mejoramiento continuo y de competitividad, evitando el estancamiento por temor al cambio y desarrollo.
- Involucrar el proyecto a varios niveles de la compañía, teniendo participación activa y ayuda de cada uno de los involucrados en cada proyecto.
- Cambiar la mentalidad de nuestra cultura tradicional; fomentar en las personas el cumplimiento de compromisos que se asumen y muchas veces no se cumplen.
- Mejorar el desempeño y la confianza de los trabajadores, brindándoles beneficios y garantías que mejoren su calidad de vida laboral.

### **1.3 MOTIVACIÓN.**

Como se podrá observar en el capítulo de antecedentes, estas estrategias de mejoramiento de gestión han sido muy poco estudiadas e implementadas en nuestro país.

Colombia necesita estar más actualizada con respecto a estas estrategias y muchas otras, que le permitan estar igual, o mucho más cerca, del nivel que tienen las grandes potencias, y que ya están adquiriendo países de Latinoamérica como México, Chile y Brasil.

Nuestras empresas del sector de la construcción deben estar más concientes de la gran competencia que existe en nuestro país en esta rama, y que esta competencia ya no solo es con empresas colombianas sino de otros países que cada vez se están incorporando más en nuestra industria, obligando a las compañías a desaparecer poco a poco, o a buscar nuevas alianzas con empresas extranjeras porque las exigencias son cada vez mayores.

Este sistema que se quiere implementar en Bogotá es un gran paso, pero se necesita dar muchos más, manteniendo una cultura de mejoramiento continuo y de competitividad, haciendo que las empresas cada vez sean más productivas y adquieran un nivel adecuado para mantenerse apropiadamente en el mercado.

### **1.4 ALCANCE.**

Con esta tesis se pretende que las estrategias que aquí se presentan, se implementen con una acogida de la mayoría de empresas del sector de la construcción y en un número representativo de la cantidad de proyectos que se estén realizando en la ciudad de Bogotá y alrededores. Se espera que de esta implementación se obtengan muy buenos resultados, que esta cultura de medición, seguimiento y mejoramiento continuo se siga desarrollando no solo en los proyectos de construcción, sino al interior de cada una de las entidades del sector y que se propaguen en todo el territorio nacional, para así ser cada vez más competitivos a nivel nacional e internacional.

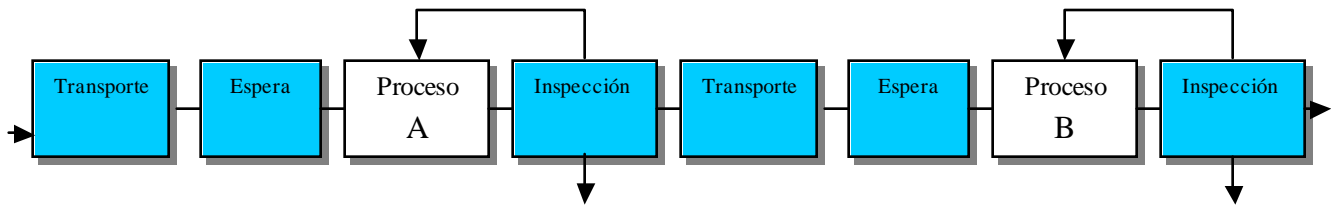
## 2. ANTECEDENTES

En la década de los 50's se comenzó a implementar en Japón una teoría llamada "lean production" por algunas empresas manufactureras y automotrices, dentro de ellas la más conocida y una de las que obtuvo los mejores resultados fue la firma Toyota.

A raíz de esta teoría (lean production), a comienzos de los 90's se fue adaptando a las necesidades del sector de la construcción por unos grupos del sector llamados "International Group of Lean Construction" y "Lean Construction Institute" conformada por una red de investigadores y profesionales en el área de arquitectura, ingeniería y construcción, que plantean que la educación, práctica e investigación en estos campos debe ser renovada con nuevos conceptos para responder a los desafíos que el nuevo siglo impone. [Botero, 2002]. Estos grupos llamaron a esta nueva teoría "Lean Construction" o "Construcción sin Pérdidas", nombre que se origina por los esfuerzos de esta nueva corriente de producción para la Industria de la Construcción, que intenta minimizar o eliminar todas aquellas fuentes de pérdidas en los procesos productivos, que normalmente implican menor productividad, menor calidad, mayores costos, etc.

En 1992, un profesor finlandés, Lauri Koskela, presenta un estudio, "Aplicación de una nueva filosofía de producción en la construcción", en el cual analiza el impacto de los nuevos enfoques en la industria de la construcción. Este estudio identifica, que las nuevas tendencias comparten un fundamento común, el concebir la producción y sus operaciones como procesos. [Botero y Álvarez, 2003]

De acuerdo con Koskela (1992), la nueva filosofía de producción puede ser definida de la siguiente forma: La producción es un flujo de materiales y/o información desde la materia prima hasta el producto final. En este flujo el material es procesado (conversiones), inspeccionado, se encuentra en espera o es transportado. Estas actividades son diferentes entre sí. Los procesos representan las conversiones en la producción, mientras que los transportes, esperas e inspecciones son los flujos de la producción. (Ver figura 2.1)



**Figura 2.1. Esquema del proceso de producción. [Koskela, 1992]**

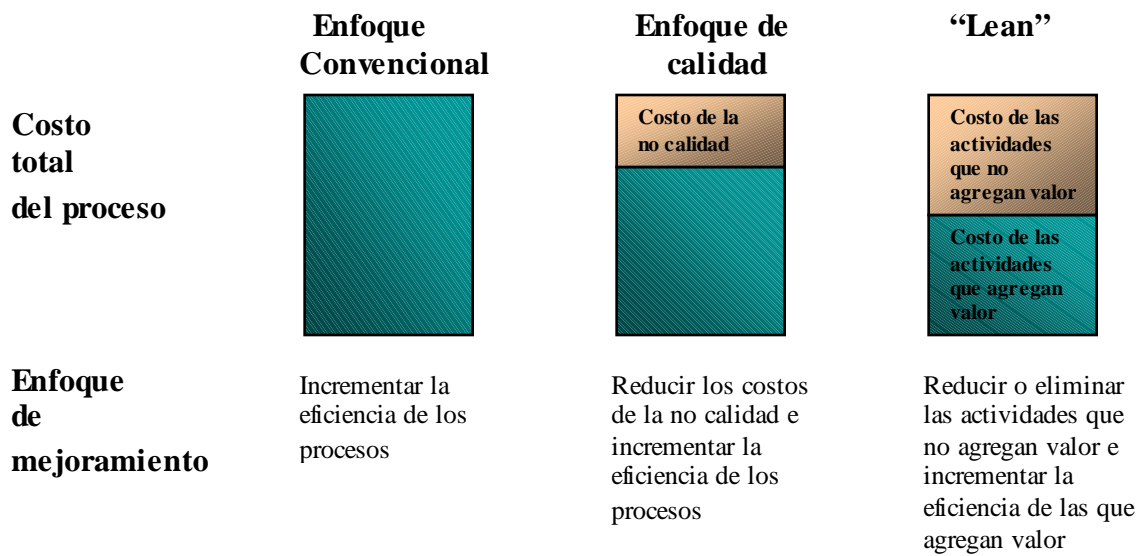
\*Los cuadros sombreados representan las actividades de flujos, que no agregan valor, en contraste con las conversiones.

Los procesos de flujo pueden caracterizarse por su costo, tiempo y valor, siendo este último, el cumplimiento de los requerimientos del cliente. En la mayoría de los casos, solo las actividades de conversión, agregan valor al producto final.

Se denominan conversiones a todas las actividades de transformación que convierten los materiales y la información en productos pensando en los requerimientos del cliente, por lo tanto en el proceso de producción son las actividades que agregan valor.

Pérdidas, por el contrario, se consideran a todas las actividades que no agregan valor, pero que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de producción (actividades de flujos).

Como objetivo de la utilización del nuevo enfoque de producción, se encuentra el hacer más eficientes las actividades de transformación que agregan valor, minimizando o eliminando las actividades que no lo generan (pérdidas). (Ver figura 2.2)



**Figura 2.2. Mejoramiento del desempeño, de acuerdo con el enfoque tradicional, de calidad y la filosofía lean. [Koskela, 1992]**

La filosofía lean plantea una serie de principios que permiten diseñar controlar e implementar adecuadamente los flujos de procesos e implícitamente define los problemas que se presentan en los mismos. Son once y algunos de ellos complementan a otros:

- Reducir o eliminar las actividades que no agregan valor (pérdidas).
- Incrementar el valor del producto considerando los requerimientos de los clientes.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Simplificar, por medio de la minimización de 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 conversiones.
- Referenciar (Benchmarking).

Para implementar estos principios es necesario considerar el proceso de producción en la construcción, el cual se caracteriza como un sistema abierto que recibe influencias del ambiente, partes de este son controlables por el sistema de producción y otras no. En la figura 2.3 se muestran los principales elementos del sistema de producción en construcción.

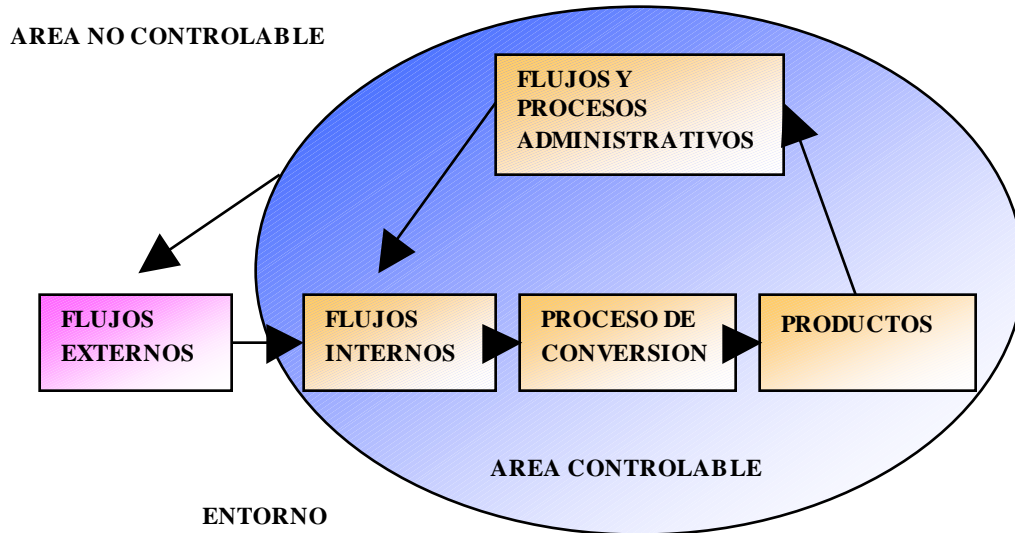


Figura 2.3. Modelo del proceso de producción en construcción. [Serpell, 1995]

Existen algunos impedimentos y barreras naturales para la implementación de la filosofía lean, como la cultura tradicional de producción reflejada en sistemas convencionales de planeación y control. Algunos factores claves que deben ser balanceados para implementación de lean construction son mostrados a continuación:

- **Compromiso de la gerencia:** se debe disponer del liderazgo, compromiso y una alta participación de la gerencia para poder ser implementada.
- **Enfoque en la medición del desempeño y mejoramiento:** la construcción de indicadores que muestren las mejoras en el desempeño, genera una gran motivación en todos los empleados de la organización.

- **Aprendizaje:** se requiere del conocimiento de los nuevos conceptos y herramientas. Un buen aprendizaje se logra con la realización de proyectos piloto e información externa como las comparaciones y puntos de referencia.

Las principales causas que generan pérdidas en la productividad se clasifican en siete categorías que se presentan en la figura 2.4.

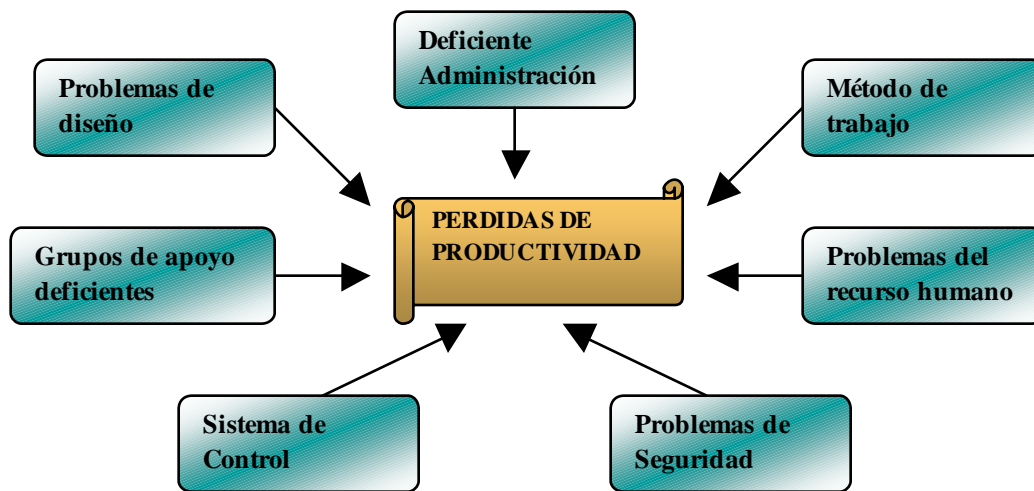


Figura 2.4. Causas de pérdidas en la productividad. [Serpell, 2002]

Algunos de los factores que determinan cada una de estas categorías son:

- Problemas de atraso en los diseños.
- Administraciones más reactivas que preactivas.
- No evaluación de alternativas más eficientes para la realización de trabajos.
- Empirismo y pobre capacitación.
- Normalmente no se mide la productividad.

Estudios realizados por el departamento de Ingeniería Civil y gestión de la construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile entre 1990 y 1994, identificaron las principales

causas de pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Estas pérdidas provienen de flujos, actividades de conversión y de la administración de la obra. (Ver figura 2.5).

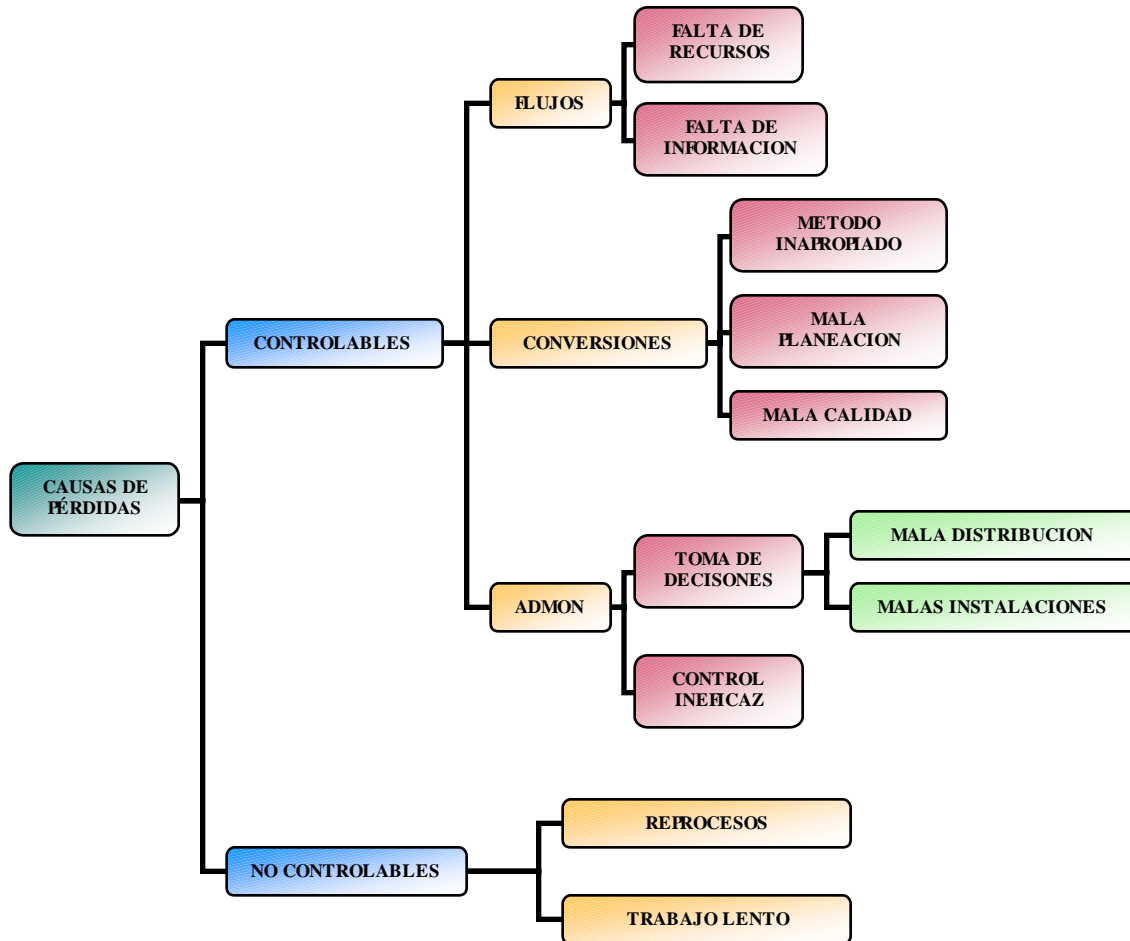


Figura 2.5. Clasificación de las causas de las pérdidas. [Alarcón, 1994]

La construcción sin pérdidas no incluye realmente nuevos principios, es una filosofía que busca de una forma innovadora la integración de diferentes conceptos que individualmente no tienen la relevancia, que sin duda tienen en conjunto. Estos conceptos son entre otros, justo a tiempo (JIT), control total de la calidad (TQM), ingeniería concurrente, mejoramiento continuo, benchmarking, círculos de calidad, ingeniería valor, reingeniería y fase tracking. [Romero, 1999]



La introducción de la nueva filosofía debe estar acompañada de nuevas mediciones de desempeño, diferentes a las tradicionales (costo y tiempo), esto implica tener en cuenta nuevas consideraciones: [Botero y Álvarez, 2003]

- Capacitación del personal encargado de la producción sobre los conceptos fundamentales y herramientas a utilizar.
- Apoyo constante de la dirección de la empresa, que establezca esta filosofía, como estrategia empresarial de mejoramiento permanente.
- Creación de una cultura de medición, tendiente a la obtención de indicadores de desempeño no tradicionales.
- Establecimiento de un sistema de referenciación a nivel de empresa, sector productivo e internacional.

En Colombia este concepto es reciente y algunas visitas de investigadores internacionales en eventos de construcción han despertado el interés de los profesionales de dicha área.

La industria constructora no solo del país sino del mundo en general se enfrenta a demoras y grandes desperdicios los cuales pueden ser mitigados o aprovechados con un buen aseguramiento de calidad y planteando buenas estrategias desde el comienzo de un proyecto.

La filosofía de construcción sin pérdidas se basa en principios que buscan agregar el máximo valor al producto final.

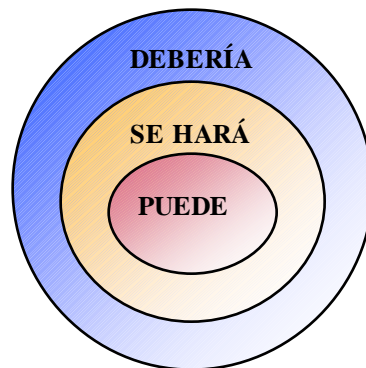
El Sistema “Ultimo Planificador” representa el esfuerzo por incorporar principios de la teoría “Lean Construction” en nuestras prácticas de gestión en la construcción. Este sistema fue desarrollado originalmente por Ballard y Howell [Ballard y Howell 1999] y ha sido aplicado en un gran número de proyectos en todo el mundo con muy buenos resultados.

Con este sistema se pretende mejorar la forma como se construye en todas las partes del mundo, implementando herramientas que permitan identificar problemas en la eficiencia de

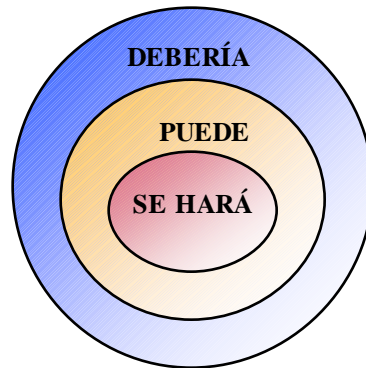
los procesos internos tanto en la parte de administración como en la de construcción, y así acabar o disminuir al máximo todo tipo de pérdidas que se presentan en estos dos departamentos.

Esto se logra en parte con un manejo más efectivo de los flujos de recursos e información en los proyectos donde la planificación juega un rol fundamental. Esto significa que la planificación no se usa sólo para controlar el cumplimiento de plazos y el avance de los proyectos, sino como una herramienta fundamental para controlar interdependencias entre procesos, reducir la variabilidad de los mismos y asegurar el mayor cumplimiento posible de las actividades de un plan. La implementación del último planificador requiere el rediseño del proceso de planificación tradicional, incluyendo nuevas etapas y controles.

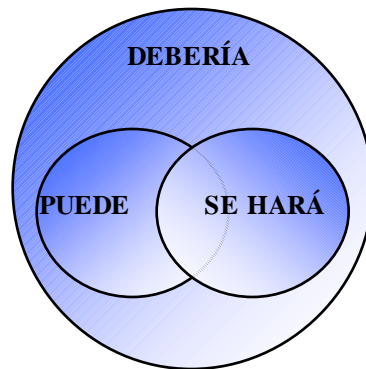
Tradicionalmente en proyectos de construcción, la planificación se maneja formulando planes de lo que DEBERÍA hacerse, en muchas ocasiones diferente a lo que PUEDE hacerse, generando muchos problemas, porque no todo lo que se DEBE hacer, se PUEDE realizar en un momento determinado.



Si una parte de lo que DEBERÍA hacerse se PUEDE hacer, y una parte de lo que puede hacerse se HARÁ, entonces existe una alta probabilidad de lo que se ha planificado se complete exitosamente.



La mayoría de los proyectos de construcción lo realizan de mejor forma al considerar lo que se PUEDE y lo que SERÁ hecho como subconjuntos de lo que DEBE realizarse, estando éstos parcialmente sobrepuestos. Si el plan es desarrollado sin estar en conocimiento de lo que PUEDE ser hecho, la unidad de producción puede encontrarse fuera de la intersección al tratar de ejecutar el plan. [Alarcón, 2003]

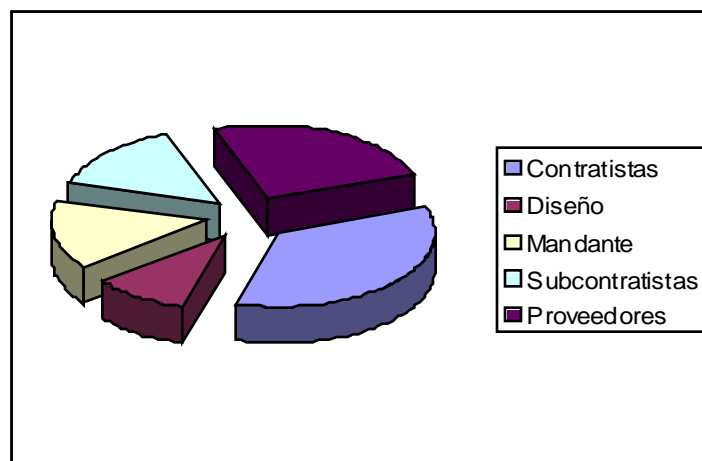


El nuevo proceso de planificación requiere de la participación de nuevos estamentos en el proceso de planificación, incorporando en algunos casos a capataces, subcontratistas, y otros actores claves en el proceso con el fin de lograr compromisos efectivos con la planificación. La confiabilidad del proceso de planificación es medida sistemáticamente a través del Porcentaje de Asignaciones Completadas PAC (semanalmente) y lo mismo se hace con otros indicadores de procesos escogidos. El PAC es un indicador clave del proceso y es un verdadero termómetro de la variabilidad que afecta los procesos productivos del proyecto por lo que se le efectúa un seguimiento continuo a través de la

duración del proyecto. [Alarcón, 2003]. A pesar que el PAC es un indicador muy importante se requiere de otros para concluir de mejor forma sobre los resultados, por ejemplo la eficiencia de planeación semanal (EPS) y el atraso en la ejecución de actividades (AEA).

A nivel de Latinoamérica ha sido implementado en el país de Chile desde finales de la década de los 90's hasta la actualidad, principalmente dirigido por el Ingeniero Luis Fernando Alarcón, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile a través del Programa de Excelencia en Gestión de Producción. Este sistema fue implementado con la ayuda de grandes empresas del sector de la construcción de este país y aplicado en varios proyectos desarrollados por estas.

Una de las principales conclusiones obtenidas durante la implementación es que para lograr mejoramientos efectivos en los proyectos se requiere un trabajo colaborativo de los diversos actores del proyecto. Las causas de no-cumplimiento de la planificación generalmente son compartidas, como lo muestra la figura 2.6.



**Figura 2.6. Origen de las Causas de No-Cumplimiento de la Planificación. [Alarcón, 2002]**

También se aplicó este sistema en menor proporción en un proyecto de viviendas unifamiliares en el 2001 en Quito, Ecuador.

En Brasil se ha adelantado algunos estudios sobre el tema y se ha implementado en algunos proyectos también con buenos resultados.

A nivel nacional ha sido implementado en la ciudad de Medellín en los años 2002 (prueba piloto “Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda a través de la filosofía lean construction”) y 2003 (implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción), dirigidos principalmente por Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez, profesores de la Universidad EAFIT. Este sistema también fue implementado con la colaboración de varias empresas del sector y aplicados en varios proyectos desarrollados por estas, en la ciudad de Medellín.

En la Universidad de los Andes se han realizado dos investigaciones de tesis de Magíster en Ingeniería Civil en el área de Ingeniería y Gerencia de la Construcción, una en “Mejoramiento de la productividad a través de la construcción sin Pérdidas” [Romero, 1999] y “Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social” [Garzón, 2001]. Y un proyecto de grado en Ingeniería Civil “Lean Constuction” aplicado a un proyecto de vivienda de interés social” [Bermúdez, 1999].

### 3. METODOLOGÍA DESARROLLADA

- Durante el primer semestre de la tesis se investigo sobre todas las referencias bibliográficas y antecedentes propuestas por el asesor de la tesis, Diego Echeverry, y todas las que se podrían encontrar en las diferentes páginas de Internet y la biblioteca. Como principales documentos estudiados, están el escrito por el Doctor Luis Fernando Alarcón, quien muy amablemente lo facilitó para su lectura, análisis y referenciación, y el informe realizado por Luis Fernando Botero y Martha Eugenia Álvarez sobre la implementación de la teoría Lean Construction y el Sistema “Último Planificador” en la ciudad de Medellín, con la colaboración de la Universidad EAFIT y varias empresas del sector de la construcción. Este informe fue facilitado por sus autores, a través del ingeniero Diego Echeverry, para su análisis y referenciación. Estos documentos fueron de gran ayuda para asimilar, entender y conocer en gran medida el tema desarrollado en esta tesis.
- En el transcurso del primer semestre, se decidió el rumbo que tomaría la tesis porque al comienzo se tenía una visión muy general del tema, pero no el camino específico que tuvo finalmente, que fue el de la implementación del sistema “Último planificador” en proyectos de construcción de la ciudad de Bogotá
- Se realizó el planteamiento de la estrategia principal a implementar en la ciudad de Bogotá y alrededores, basada en los estudios, análisis y resultados investigados en los puntos anteriormente mencionados. Paralelamente se fueron escogiendo las herramientas de apoyo (Formatos de seguimiento), que acompañaría a la estrategia mencionada.
- Posteriormente se planteó una estrategia preliminar de aplicación con el fin de comprobar realmente la necesidad de la aplicación del sistema “Ultimo Planificador”, con resultados de datos tomados en campo en la ciudad de Bogotá. Con el fin de

incentivar estas estrategias y llamar la atención de las empresas del sector, se elaboró un documento en el cual se presentaron algunos resultados de estudios y aplicaciones que se han hecho en Chile y en la ciudad de Medellín, a partir de la teoría de “Construcción sin Pérdidas” y en particular del sistema “Ultimo Planificador” el cual se basa en esta teoría; para que con este documento observaran un poco los beneficios que se podrían obtener con la aplicación de estas estrategias.

- Estos documentos antes mencionados (estrategia principal, estrategia preliminar y el incentivo), fueron entregados inicialmente a tres constructoras de la ciudad para promover su implementación. Solo se contactaron inicialmente tres entidades, ya que lo que se pretende al comienzo es implementar solo la estrategia preliminar, para con esto tener datos reales de la ciudad de Bogotá, y como se dijo anteriormente comprobar la necesidad y los beneficios que se obtendrían de la aplicación del sistema planteado. Y una vez hecho esto, convocar todas las empresas posibles para que participen en la implementación de la estrategia principal.
- Por último se tuvo conversaciones con las personas designadas por las entidades para llevar a cabo todo el proceso de implementación, con las cuales se llegó a un acuerdo sobre los puntos principales (proyectos, personal, pasos a seguir, etc.) para poder comenzar posiblemente en enero del 2005 la estrategia anteriormente planteada.
- Alrededor de todo el segundo semestre de la tesis se fue desarrollando el documento final y entrega de todos los resultados anteriormente mencionados.

## **4. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE GESTIÓN MEDIANTE EL SISTEMA “ÚLTIMO PLANIFICADOR”**

### **4.1 CONCEPTOS GENERALES.**

A continuación se dan una serie de definiciones, descripciones y explicaciones de algunos conceptos y procedimientos para tener un mejor entendimiento del presente documento y del tema del cual se está tratando.

La explicación de todos estos conceptos fueron tomados del documento “Un sistema de control de producción para la construcción: “El último planificador” que tiene como autor el Doctor Luis Fernando Alarcón.

#### **➤ TIEMPO PRODUCTIVO (TP).**

Es el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Algunos ejemplos de TP son la colocación de la armadura de refuerzo y el vaciado del concreto en algún elemento estructural, la pega de ladrillo en muros, etc.

#### **➤ TIEMPO CONTRIBUTIVO (TC).**

Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarias para que se ejecuten las actividades productivas, como limpieza de superficies y encofrados, mediciones previas, transporte de materiales, armado de plataformas y andamios, seguridad industrial, etc.

#### **➤ TIEMPO NO CONTRIBUTIVO (TNC).**

Es el tiempo empleado en cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto se consideran pérdidas. Algunos ejemplos de TNC son las esperas, tiempo ocioso, reprocesos, descansos, etc.



➤ **EL PROGRAMA MAESTRO**

La planificación inicial genera el presupuesto y el programa del proyecto. Proporciona un mapa de coordinación de actividades que lleva a la realización de un proyecto.

El programa maestro o planificación inicial debe ser desarrollado con información que represente el verdadero desempeño que posee la empresa en obra. El programa maestro debe demostrar la factibilidad de completar el trabajo a tiempo, desarrollar y mostrar estrategias de ejecución, determinar cuando existen ítems que requieren tiempos prolongados de anticipación e identificar hitos importantes para los distintos actores del proyecto.

➤ **EL PROGRAMA DE FASE**

El programa maestro puede separarse en fases, con actividades que se exploran como conjuntos de tareas que cubren la duración completa de la actividad y en que cada grupo de trabajo necesita ser realizado en una proximidad espacial y temporal.

Subsecuentemente, las actividades de cada fase serán exploradas según la ventana del programa de planificación intermedia. La división de fases debe ser hecha durante la planificación inicial.

Generalmente no se utiliza en proyectos largos y no en todos los proyectos pequeños.

➤ **PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (PI)**

Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la producción pueda llevarse a cabo.

La planificación intermedia detalla y ajusta el presupuesto y la programación, arrastrando recursos hacia la obra y protegiendo actividades para las que probablemente los recursos no están disponibles. La planificación intermedia se dedica a controlar el flujo de trabajo para el último planificador.

Evaluar lo que se debería contra lo que se puede. La planificación intermedia abarca típicamente intervalos de sólo 5 o 6 semanas (entre 3 y 12) en el futuro con relación a la

fecha de la planificación porque la incertidumbre sobre lo que vendrá después deja sin sentido un detalle mayor.

#### - PROCESO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA.

Cada asignación (actividad) es sujeta a un Análisis de Restricciones para determinar lo que debe ser hecho de tal forma que la actividad quede lista para ser ejecutada. La regla general es permitir dentro de la ventana de la planificación Intermedia, sólo aquellas actividades que pueden ser realizables, para completar el programa. Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas.

Las asignaciones potenciales entran a la ventana de la Planificación Intermedia en la semana 6 del programa de ejecución. Luego se mueven hacia delante, semana a semana, hasta que les esté permitido ingresar al ITE (Inventario de Trabajo Ejecutable), indicando que todas las restricciones han sido removidas y que se encuentran en una secuencia apropiada de ejecución. Si el Planificador percibe una restricción en una de estas actividades, no podrá dejarla avanzar hacia delante. El objetivo es mantener un Inventario que sea ejecutable. Los Planes de Trabajo Semanal son formados desde el ITE, mejorando así la productividad de quienes reciben estas asignaciones e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para la siguiente unidad de producción.

Una vez definidas las actividades que entrarán en la planificación intermedia, se procede a analizar lo siguiente:

- Revisión de secuencia de las actividades.
- Balanceo de carga v/s capacidad: La cantidad de salidas esperadas para una unidad de producción en un tiempo dado se denomina carga. Una asignación de calidad carga un recurso de acuerdo con su capacidad.

La capacidad se refiere a la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede lograr en un tiempo dado. Equilibrar significa balancear la carga con la capacidad de las unidades de producción.

- Desarrollo detallado de los métodos de ejecución

#### - FUNCIONES DE LA PLANIFICACIÓN INTERMEDIA.

- Crear una secuencia y determinar la velocidad al flujo de trabajo; por ejemplo, asignando tiempos y secuencias adaptándose a las disponibilidades existentes de recursos.
- Balancear flujo de trabajo y capacidad.
- Descomponer el programa maestro de actividades en partes de trabajo y operaciones.
- Desarrollar métodos detallados de ejecución de los trabajos que cumplan con requerimientos de calidad, seguridad y medioambientales.
- Mantener un Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE) listo para ser ejecutado, para asegurar un trabajo continuo aún cuando las velocidades de producción varíen de lo planificado.
- Revisar y actualizar los altos niveles de programación, cuanto sea necesario.

Las funciones antes mencionadas son cumplidas por medio de ciertos procesos específicos:

- Definición de actividades
- Análisis de restricciones
- Tiro del trabajo desde las unidades de producción aguas arriba
- Balanceo de carga y capacidad

#### **Análisis de Restricciones**

Estas restricciones se tienen que revisar antes de entrar a la PI y desde ahí frecuentemente. Cada una de estas actividades tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la actividad puede o no realizarse. Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción involucra a directivas, requisitos previos o recursos. Las restricciones más comunes en el medio de la construcción son las siguientes: diseño, materiales, M.O, equipos, pre-requisitos.

Una vez identificadas las actividades y sus restricciones dentro de la Planificación Intermedia, se procede a realizar el análisis de las restricciones. La función principal del Análisis de Restricciones es analizar por qué una actividad no puede ser ejecutada, e

identificar cuales son las restricciones que impiden realizar la actividad; lo anterior complementado con una estrategia que permita liberar la actividad de sus restricciones para ser ejecutada según lo planificado. También durante el proceso de planificación intermedia se designa quienes serán los responsables por remover las restricciones identificadas.

### **Preparación de las actividades:**

El planificador puede remover las restricciones de una actividad para dejarla lista para ser asignada. Esta acción se conoce como *preparación* (“make ready”).

Pasos:

Confirmar el “tiempo de respuesta”: el remover una restricción comienza por determinar quién es el proveedor de la entrada correspondiente y cuál es el tiempo de respuesta más probable. Este tiempo de respuesta debe ser más corto que la ventana de la planificación intermedia o la tarea no será admitida en este programa. Sin embargo, eventos imprevistos siempre pueden presentarse, por lo que el contacto con los proveedores es un elemento fundamental en el proceso de preparación. La confirmación de los tiempos de respuesta es parte del proceso de revisión y debe ser repetido durante la actualización semanal del programa de planificación intermedia.

Tirar: que significa pedirle al proveedor certeza sobre las entradas necesarias para completar con prontitud el proceso en el cual entra.

Apresurar: Si el período de respuesta anticipado es demasiado largo puede ser necesario asignar recursos adicionales para acortarlos. Por ejemplo, envío de materiales por aire en lugar de utilizar camiones, trabajo en horas extraordinarias u obtener subcontratar parte de los trabajos de una obra.

Una vez hecho esto estamos en condiciones de crear un listado de actividades que tienen una alta probabilidad de ser cumplidas y que se denomina Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).

### **Creación del Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE)**

El ITE ejecutable está compuesto por todas las actividades que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación intermedia que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea una lista de actividades que sabemos que pueden desarrollarse.

Cabe destacar que dentro del ITE pueden existir distintos tipos de actividades:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al remanente de ITE de la semana en curso.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras.

### **Proceso de Planificación Semanal**

La planificación semanal del trabajo es la planificación que presenta el mayor nivel de detalle antes de realizar un trabajo. Es realizada por diseñadores, residentes, supervisores, maestros y otras personas que supervisan directamente la ejecución del trabajo. La gestión tradicional aborda la planificación semanal definiendo actividades y un programa de trabajo, antes de comenzar, en términos de lo que DEBE ser hecho.

El Plan de Trabajo Semanal (PTS) o Planificación Semanal es una selección de tareas que se encuentran dentro del ITE. Escoger que trabajo será realizado en la próxima semana desde lo que sabemos puede ser hecho (ITE), recibe el nombre de asignaciones de calidad.

### **Medición del desempeño del sistema de planificación**

Esta medición, que es el primer paso para aprender de las fallas e implementar mejoras, se realiza a través del Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), que es el número de actividades realizadas dividido por el número total de asignaciones para una semana dada. El PAC así evalúa hasta que punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que se haría en la semana siguiente.

### **El Último Planificador**

La unidad de producción o cuadrilla debe tener su plan de trabajo antes de comenzar la ejecución. Adelantar la planificación permite generar el tiempo para diseñar las operaciones y estudiar los métodos de trabajo que serán utilizados. También da la oportunidad de abordar problemas identificados durante la planificación que podrían ser resueltos antes de ejecutar el trabajo. La cuadrilla debe, por lo tanto, llevar a cabo este último paso en la planificación un tiempo razonable antes de realizar el trabajo. Esto les permitiría identificar que parte del trabajo que DEBE ser realizado PUEDE ser hecho, y así comprometerse a realizar sólo este tipo de trabajo. El último planificador se refiere a la persona encargada de que lo anterior se lleve a cabo, pero también es responsable del proceso mismo.

### **Ciclo de planificación del Trabajo Semanal (Reunión)**

#### **• ASISTENTES**

- Administrador de Obra.
- Encargado de la programación y el control de la obra
- Supervisores y capataces. (Último planificador).
- Representante de Of. Técnica.
- Subcontratistas.
- Almacenista.

#### **• DOCUMENTOS E INFORMACIÓN QUE DEBEN TRAER LOS ASISTENTES A LA REUNION**

- **Encargado de la programación y control de la obra:**
  - Programa Maestro
  - Plan intermedio Antiguo
  - Plan Intermedio Nuevo Tentativo
  - Posterior a la reunión entrega plan intermedio definitivo a asistentes
  - Posterior a la reunión entrega plan semanal definitivo a asistentes

– **Último Planificador:**

- PAC
- Causas de no cumplimiento
- Propuestas de soluciones a causas de no cumplimiento
- Información del estado del trabajo
- Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad
- Plan semanal tentativo
- Plan intermedio anterior

**Estructura de la reunión:**

- Se parte con la muestra del PAC de la semana que pasó, analizando causas de no cumplimiento y tomando acciones correctivas inmediatamente si es posible.
- Se analiza el cumplimiento de las tareas pendientes de la semana anterior-anterior.
- Se realiza el paralelo entre los objetivos alcanzados y los propuestos por el proyecto, aclarando las directrices de cada unidad productiva.
- Se analiza la “Liberación de restricciones” para las tareas que entran en la semana siguiente.
- Se crea el ITE con las actividades que poseen una completa liberación de restricciones, más las tareas remanentes de la semana anterior.
- Con la planificación intermedia de la semana anterior y teniendo en cuenta el estado de la liberación de restricciones de la semana siguiente, cada Último Planificador entrega las tareas para la semana siguiente y se discute la que en definitiva se realizará, analizando secuencia, responsables, carga de trabajo (si son capaces de realizarlo) y si el trabajo seleccionado puede ser hecho. Para la realización de la planificación semanal se debe tener en cuenta el ITE de la semana anterior y definir aquellas que actuarán con este fin durante la semana que viene.
- El coordinador se compromete a entregar al siguiente día el programa semanal a cada Último Planificador.
- Además se discute el estado de las otras actividades dentro de la planificación intermedia en relación a sus restricciones (se discute con cada responsable), lo

anterior con el objetivo de poder liberarlas en lo posible con dos semanas de anticipación o para dar soluciones que faciliten esta liberación.

- Luego, y teniendo presente las tareas que cada último planificador entrega como tentativas para ingresar a la planificación intermedia, se verifican las que realmente entrarán a la PI contrastándolas con el Programa Maestro.
- Posteriormente se designan los responsables de liberar las restricciones de las nuevas tareas ingresadas a la planificación intermedio.
- Teniendo la nueva PI, el coordinador entregará a más tardar al día siguiente la planificación intermedia nueva a cada Último Planificador, en donde se resumirán todas las tareas que las distintas unidades productivas realizarán durante la semana, e identificando aquellas tareas que actuarán como colchón.

El plan de trabajo semanal desarrollado en esta reunión debe ser ajustado al finalizar la semana cuando esté disponible la información de último minuto con respecto a la realización del proceso de preparación y a las asignaciones programadas para la semana recién terminada.

### **Recomendaciones**

Se recomienda que tanto el planificador (facilitador) y los últimos planificadores (capataces) realicen las siguientes actividades antes del día de la reunión:

Ultimo Planificador:

En lo posible debe entregar antes (el día anterior a la reunión) los resultados de los cumplimientos de sus actividades y causas de no cumplimiento, con motivo que no se pierda tiempo en la reunión en recolectar estos datos y se puedan establecer rápidamente estrategias que mitiguen las causas de no cumplimiento.

Planificador:

De igual modo el planificador debe llevar procesado el valor del PAC y las causas de no cumplimiento. Además el planificador debe llegar con un análisis de las restricciones que impiden liberar alguna actividad para preguntar sobre el estado de ellas en la reunión y elaborar estrategias para liberarlas. Por otra parte debe contrastar los objetivos del proyecto



con el avance de la obra para tomar directrices de trabajo en la próxima reunión. Conjuntamente con lo anterior, el planificador debe llegar a la reunión con el Plan Intermedio Nuevo tentativo, de manera que durante ella se ajuste el definitivo.

#### **4.2 ESTRATEGIA GENERAL DE APLICACIÓN.**

- Convocar a varias empresas del sector de la construcción, incentivándolas ya sea de forma individual o reuniéndolas para informarles sobre los objetivos y propósitos que se tienen de implementar nuevas estrategias de gestión.
- Concientizar a las personas con altos cargos directivos dentro de una empresa del sector de la construcción, para que apoyen planes o estrategias para el mejoramiento de gestión implementando y adoptando nuevas tecnologías y sistemas que permitan que estas compañías no se estanquen o permanezcan con una cultura tradicional por temor al cambio y desarrollo. No disponer de la activa participación de estas personas es una barrera natural que impide cualquier esfuerzo en otros niveles de la organización.
- Capacitar a los profesionales directamente responsables de la dirección, planeación, ejecución y control de los proyectos de construcción, sobre las nuevas tendencias, tecnologías, herramientas y estrategias de gestión, con el fin de fomentar e implementar cada vez con mayor énfasis, estos nuevos conceptos. A continuación se muestra el contenido de dicha capacitación realizada en Medellín la cual servirá como base para la que se haga en Bogotá:
  - **La productividad y la industria de la construcción.**
    - La producción industrial y la construcción.
    - Conceptos de productividad en la construcción.
    - El fenómeno del aprendizaje en la construcción.
    - Mejoramiento de la productividad en la construcción.

- **Elementos básicos de la filosofía de lean production.**
  - Origen de la nueva filosofía.
  - Bases conceptuales del enfoque tradicional de producción.
  - Bases conceptuales del nuevo enfoque de producción.
  - Principios para el mejoramiento del proceso de producción.
  - Implementación de la filosofía lean construcción.
- **Herramientas de calidad.**
  - Hoja de registro – tipos de datos.
  - Diagrama causa – efecto.
  - Diagrama de Pareto.
  - Histograma – media y desviación.
  - Distribución normal.
- **Estadística Inferencial.**
  - Selección de muestra aleatoria.
  - Distribuciones maestras.
  - Estimación paramétrica.
  - Anova.
  - Regresión lineal.
- **Pérdidas en los sistemas de producción.**
  - El concepto de pérdidas en los sistemas de producción.
  - Causas de pérdidas y su influencia en la productividad.
  - Caracterización de las pérdidas en los proyectos de construcción.
- **Herramientas para la identificación y la reducción de pérdidas en los proyectos de construcción.**
  - Contenido del trabajo en las actividades de construcción.
  - Distribución general del trabajo.
  - Muestreo de trabajo.
  - Encuestas de detenciones y demoras.
  - Carta de balance de cuadrillas.
  - Carta de balance de multicuadrillas.

- **Sistema de control de planificación “Último Planificador”.**
    - El formato tradicional de la planificación y sus problemas.
    - El nuevo enfoque de la planificación.
    - El último planificador.
    - Medición del desempeño del sistema de planificación con el PAC.
    - Guía práctica para la implementación paso a paso del SUP.
  - **Consumos de mano de obra en actividades de construcción.**
    - Teoría del rendimiento y consumo de mano de obra.
    - Factores de afectación del rendimiento y consumo de mano de obra.
    - Software para la evaluación del consumo de mano de obra.
  - **Medición del desempeño de los proyectos de construcción.**
    - Construcción de indicadores de resultados y de procesos en los proyectos de construcción.
    - Sistema de referenciación benchmarking sobre el desempeño de proyectos.
  - **Experiencias nacionales e internacionales.**
    - Investigación en el mundo, Lean Construction Institute.
    - Investigación en Chile. GEPUC.
    - Investigación en Colombia. Resultados del caso de Medellín.
- Fomentar al interior de las empresas que participen en la implementación de este nuevo sistema (SUP), la cultura de medición de desempeños en los proyectos, ya que en la mayoría, el único seguimiento y control que se realiza es con respecto a la parte de programación y presupuestos para ver si van bien o mal comparado con lo planeado. Con esto se busca tener un registro histórico o base y una serie de indicadores (Ej. Identificación de pérdidas) para hacer inicialmente comparaciones sobre resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema, además para saber en que se esta fallando y como se puede mejorar. Estos indicadores pueden mostrar el mejoramiento en el desempeño y se puede convertir en un factor de motivación para los empleados y para toda la empresa en general.

- Capacitar a los tomadores de datos sobre los procedimientos, conceptos fundamentales, herramientas a utilizar y la forma de llenar cada uno de estos formatos para su posterior procesamiento y análisis estadístico y así llevar un adecuado seguimiento de cada proyecto. Estos tomadores de datos de todas formas tienen que conocer sobre conceptos de construcción y podrían ser estudiantes de pregrado de ingeniería civil o arquitectura que estén haciendo su práctica en obra, o los mismos capataces encargados de las diferentes actividades.

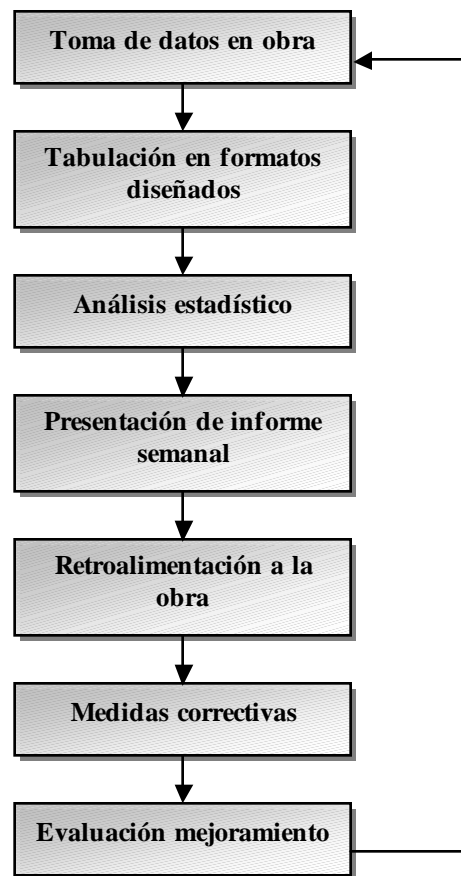


Figura 4.2.1. Procedimiento para captación de datos en obra y obtención de resultados. [Botero, 2003]

- Concientizar a los subcontratistas, proveedores y demás personal de la obra sobre la palabra “compromiso”, el cual es una de las principales herramientas que se debe cumplir para obtener los mejores resultados al implementar cualquier sistema de mejoramiento de gestión. A su vez instruir a los profesionales responsables de los

proyectos sobre como tratar y manejar los compromisos que se adquieren a lo largo de estos, para que realmente se cumplan.

Según los trabajos Good2Great y Vanry (2001), para lograr promesas y compromisos confiables se deben seguir los siguientes pasos:

1. Aceptar que la confiabilidad del proyecto debe abordar los trabajos y actividades de este.
2. Notar que una Promesa incompleta conduce a otra.
3. Evaluar cuál es el costo de Promesas no confiables en los proyectos.
4. Valorar el proyecto propio, de modo de conocer el grado de confiabilidad de la Promesas (Compromisos) en el Proyecto.
5. Reconocer que no tiene que ser de esta manera, es decir, un proyecto no debe marchar siempre al compás de apagar incendios.
6. Hacer Promesas en redes de Compromiso; las promesas que unos a otros se hacen en los proyectos de construcción en cuanto a la realización de las actividades dependientes que estos poseen, están indudablemente vinculadas a la confiabilidad que unos a otros de los involucrados de un proyecto (equipos de trabajo, cuadrillas, Administradores, jefes de obra, capataces, etc.) se brinden.
7. Aprender de los cinco elementos básicos de una promesa, puesto que una falta en cualquiera de ello genera Promesas o Compromisos de mala calidad. Estos elementos son: el ejecutor o proveedor; el cliente; mutua comprensión de las condiciones de satisfacción; acciones futuras y fechas comprometidas.
8. Producir compromisos en conversaciones para la acción.
9. Escoger Promesas, es decir, seleccionar y ofrecer aquellas que pueden ser realizadas.
10. Registrar las promesas para otros.
11. Conducir la confiabilidad sobre los proyectos, aprendiendo a conducirla sobre uno mismo.
12. Aprender los cinco elementos de una Promesa confiable.
13. Usar registros diarios.
14. Medir la confiabilidad de las Promesas propias.

15. Permitir que otros sepan cuando el trabajo está hecho, para permitir que estos realicen su trabajo de manera confiable.
  16. Ser responsable para conseguir una promesa confiable.
  17. Escuchar a otros para dar confiabilidad, básicamente aprender a escuchar y ser susceptible a lo que se dice.
  18. Ser un buen cliente de las promesas hechas para uno.
  19. Eludir los siguientes errores, mientras se aprende a asegurar promesas confiables: verse a si mismo como un maestro y al ejecutor como un esclavo; crear el ejecutor erróneo; usar la energía en vez de la necesidad para asegurar una promesa; cerrarse a una opción; insistencia del ejecutor en decir solo las cosas correctas; Esperar que hasta que el ejecutor haya fallado antes de que se intervenga; y castigar por bajo cumplimiento del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), respecto de las actividades planificadas.
  20. Registrar las promesas de otros para uno.
  21. Fijar una meta: Especifica, Medible, Obtenible, Relevante y Rastreadable.
  22. Practicar diariamente para cumplir con la meta.
  23. Crear soporte o apoyo para el aprendizaje.
  24. Medir el desempeño del proyecto (PAC), y
  25. Celebrar los progresos propios y ajenos dentro del proyecto.
- Mejorar la calidad de vida laboral de los trabajadores. Aunque con la implementación del SUP se les esta dando más participación, responsabilidad y sentido de pertenecía con el proyecto, que es algo que ayuda mucho en este aspecto, hace falta brindarles muchos más beneficios y garantías para mejorar su vida laboral, lo cual traería también beneficios para los diferentes proyectos ya que ellos son los que dan finalmente la productividad y calidad de estos. Un factor importante es la continuidad del trabajador dentro de varios proyectos de una compañía, aunque se sabe que esto no es muy factible últimamente, se debe tratar de mantener una base de trabajo la cual vaya adquiriendo experiencia en la implementación del SUP en particular, ya que esto dará más garantías y ayudara a ir mejorando con respecto a los resultados obtenidos.

- Después de darse vía libre por parte de los directivos de cada una de las compañías interesadas, se comienza a escoger entre los diferentes proyectos, en cuales de ellos se implementará el SUP, buscando que sea un numero representativo y apropiado con respecto a los que se estén desarrollando en la ciudad, entendiéndose con esto, el que sean de diferentes tipos de proyectos (inmobiliario, comercial, construcción pesada, etc.), diferentes sistemas constructivos y estructurales, en fin, que abarque una muestra significativa que ayude a tener buenas bases comparativas y adecuado registro histórico. La implementación de este sistema busca cambiar el concepto tradicional de control de proyectos el cual solo detecta variaciones después de ocurridos los hechos, por un nuevo concepto en el cual se van corrigiendo estas variaciones a medida que estas van ocurriendo.
- Definir las actividades para su seguimiento y análisis en cada tipo de sistema constructivo. Su escogencia se hará dependiendo de su importancia y que tan representativa sea dentro de cada sistema. A continuación se presenta una serie de actividades que pueden tenerse en cuenta para esta lista:

Actividades	Sistema Estructural			
	Mampostería Estructural	Muros en Concreto	Aporticado	Construcción pesada
Instalación Formaleta	X	X	X	X
Colocación Refuerzo	X	X	X	X
Instalaciones Eléctricas	X	X	X	
Instalaciones Hidrosanitarias	X	X	X	
Vaciado de Concreto		X	X	X
Grouting	X			
Mampostería	X		X	
Excavaciones	X	X	X	X
Carpintería	X	X	X	
Repellos	X		X	
Estuco	X	X	X	

Pintura	X	X	X	
Movimiento de tierras				X
Carpeta asfáltica				X

**Tabla 4.2.1. Propuesta de actividades de análisis.**

- Identificación y medición del tiempo productivo (TP), tiempo contributivo (TC) y tiempo no contributivo (TNC); identificando principalmente aquellas actividades que no agregan valor (pérdidas o TNC), categorizándolas según sus características y midiéndolas según su periodo de ocurrencia. Identificar sus causas y proponer soluciones para su disminución o mitigación. Con esto se busca la eficiencia del TP, minimizar el tiempo destinado al TC y eliminar las pérdidas o TNC.

La identificación de estas pérdidas se hace a través de muestreos de trabajo, encuestas de detenciones y demoras y encuesta de identificación de pérdidas. (Estos formatos de encuestas se muestran en los anexos).
- El sistema último planificador fue diseñado para proyectos cuya duración sea mayor a 8 semanas y donde los participantes del proyecto estén comprometidos con el cumplimiento de lo prometido al cliente. Existe una Guía para nuevos usuarios del Sistema Último Planificador (Howell, G. Macomber, H.), traducida al español por Martha Eugenia Álvarez Villa, profesora de la Universidad EAFIT, la cual se encuentra descrita en el documento “Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción”, que es una de las referencias más importantes de esta tesis. Antes de iniciar la implementación del sistema se requieren las siguientes actitudes para un buen comienzo. [Botero, 2003]:

  - Tenga mentalidad y actitud para aprender. Dése usted y a su equipo la oportunidad de comportarse como participantes y si es necesario, busque la ayuda de expertos en el sistema último planificador.



- No crea que porque usted ya esta realizando algunas actividades del SUP, ya esta en SUP: puede que usted realice algunas actividades, pero es el conjunto de todas las actividades quien marca la diferencia. Actividades parciales no equivalen a un sistema completo.
  - No se preocupe por entender, se aprende haciendo. La comprensión vendrá a través de la práctica. Tomar tiempo para entender todo antes de actuar, sólo dilatará el tiempo de toma de decisiones. Hay que no son posibles de ver o entender hasta cuando se han experimentado.
  - Errores precoces traen conocimiento oportuno. No exija a su equipo resultados excelentes desde el principio, genere un ambiente propicio para que todos estén dispuestos a aplicarse las prácticas SUP.
  - Cuide que no se pierda el fondo por la forma, mantenga una actitud abierta, inquieta, alegre y de reconocimiento. Evite actitudes de resignación, pánico, arrogancia y complacencia.
- A continuación se muestra de una forma general el mecanismo de implementación a seguir desde el plan maestro hasta el plan de trabajo semanal, evaluación del PAC y otros índices. El procedimiento más detallado se encuentra en los documentos referenciados en esta tesis; “Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción” y “Un sistema de control de producción para la construcción: El Último Planificador”.
1. Se hace un estudio según el nivel de detalle que tenga el plan maestro, verificando si este es coherente con las características del terreno, técnicas de construcción y demás aspectos importantes que se deban tener en cuenta según el proyecto. Con base en esto se determina un programa maestro definitivo en el cual se basara el control de la planificación.
  2. Para crear la planificación intermedia (PI) se debe determinar primero el intervalo de tiempo que esta tendrá (entre 3 y 12 semanas). Teniendo esto se procede a realizar una programación más detallada del programa maestro para este intervalo de tiempo, de tal forma que las actividades queden bien definidas. En esta

planificación intermedia las actividades van ingresando semana a semana desde una visión del número de semanas escogido como intervalo.

3. Se hace un análisis de cada actividad que se encuentra en la PI, y así detectar si tiene o no restricciones para su realización en el momento convenido, y de ser así, liberarla en el tiempo restante para su ejecución, de cualquier impedimento que esta tenga. Para esto se nombran los encargados de esta preparación, ya sea según actividad o según restricción. (Ver anexo, formato de planificación intermedia). Es importante que los responsables vayan dejando registro de las actividades liberadas y de las causas de la no liberación del resto de las actividades para tenerlas en cuenta en futuras acciones. (Ver anexo, formatos de liberación de restricciones y registro de trabajo semanal y PAC)
  4. Se debe desarrollar una reunión al final de cada semana, con el fin de hacer una revisión de la semana anterior (PAC y causas de no cumplimiento) y preparar la programación de la siguiente. Para la preparación de la siguiente semana, se debe realizar el Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE), el cual esta formado por todas aquellas actividades que están libre de restricciones para su ejecución; estas actividades se tendrán en cuenta para la próxima semana, al igual que aquellas que no se pudieron realizar en la semana anterior. (Ver anexo, formato inventario de trabajo ejecutable).
  5. Después de definido el ITE, se seleccionan las actividades que se desarrollaran la próxima semana (Plan de trabajo semanal-PTS), definiendo un responsable para cada una de ellas. Se pueden incluir actividades “colchones” las cuales se realizan si algo impide realizar las planificadas o si estas terminan antes del tiempo.
  6. Se realiza una planificación intermedia nueva, incorporando la siguiente semana según el intervalo, y se repiten los otros pasos semana tras semana.
- Con la información recopilada semana a semana se deben evaluar y analizar los índices, no solo el PAC sino el EPS, EES y AEA para así dar conclusiones más exactas sobre el control que se esta llevando a cabo.

- Realizar reuniones periódicas entre los encargados de los diferentes proyectos que se estén analizando, para compartir todo tipo de experiencias, con el fin no solo de aprender de un proyecto en particular sino del conjunto, para así ampliar el conocimiento y evitar caer en errores que de pronto ya otros han pasado.  
Estas reuniones podrán ser cada mes, todo dependerá de la disposición de los participantes y del tiempo total de duración de los proyectos.
- Con la información obtenida de todos los proyectos se realiza un análisis estadístico, haciendo comparaciones entre estos dependiendo de su sistema constructivo, este análisis servirá como referencia a tener en cuenta en los siguientes proyectos realizados ya sea por las mismas empresas participantes o por otras a nivel nacional que puedan tener acceso o que estén interesadas en estos resultados. También se pueden hacer análisis entre las mismas empresas comparando sus productividades y desempeños, porque esto depende mucho a veces del manejo interno que tengan cada una de ellas.
- Implementar estos nuevos sistemas de gestión no solo en proyectos individuales, sino lograrlos implementar y consolidar en las nuevas prácticas y tendencias de la organización en todos sus niveles, creando una nueva cultura de mejoramiento continuo.

#### **4.3 INCENTIVO A EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA**

La experiencia ha mostrado que las actividades que no agregan valor (pérdidas), predominan en el sistema de producción, en proporciones que varían entre el 80 y 93% (Ciampa 1991), por lo tanto la reducción o eliminación de estas es fundamental para el mejoramiento del desempeño en el proceso de producción.

La búsqueda por reducir o eliminar las pérdidas y aumentar el valor del producto, debe establecerse como una premisa permanente al interior de las empresas.

El liderazgo y los altos cargos de las empresas se convierten en un factor clave para la exitosa implementación de nuevas filosofías de producción. No disponer de la activa participación de la gerencia es una barrera que impide cualquier esfuerzo en otros niveles dentro de la organización.

A continuación se presentan algunos resultados de estudios y aplicaciones que se han hecho en Chile y en la ciudad de Medellín, a partir de la teoría de “Construcción sin Pérdidas” y en particular del sistema “Ultimo Planificador” el cual se basa en esta teoría:

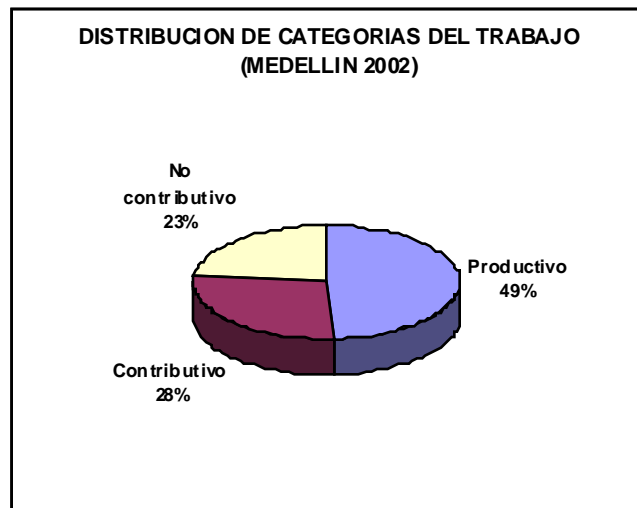
➤ **Distribución de categorías del trabajo.**

Un estudio realizado en 17 proyectos por un grupo de académicos de la Pontificia Universidad Católica de Chile y varias empresas del sector de la construcción, sobre la distribución del tiempo del trabajo, arrojó como resultado que el 53% del tiempo se dedica a labores no productivas. (Ver Gráfica 4.3.1).

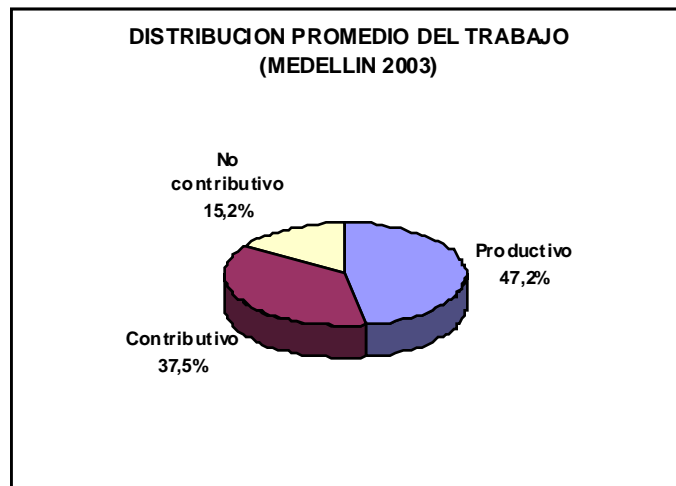
De forma similar en Medellín se realizó el mismo estudio en el año 2002 en 9 proyectos con la participación de la Universidad EAFIT y 4 constructoras de la ciudad, y en el 2003 con 17 proyectos de 9 constructoras encontrando resultados muy parecidos; el 51% en el 2002 y 52.8% en el 2003, del tiempo que se dedica a labores no productivas. (Ver Gráfica 4.3.2 y 4.3.3).



Gráfica 4.3.1. Distribución general de categorías del trabajo. Chile. [Serpell, 1995]



Gráfica 4.3.2. Distribución general de categorías del trabajo. Medellín 2002. [Botero, 2002]



Gráfica 4.3.3. Distribución general de categorías del trabajo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

Lo que se pretende para el mejoramiento del desempeño en proyectos de construcción es buscar la mayor eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando todo tipo de fuentes de pérdidas o trabajo no contributivo.

Como análisis del estudio realizado en Medellín en el 2003 sobre la distribución de las categorías del trabajo se presenta lo siguiente:

**Tiempos promedio.**

<b>Tiempos</b>	<b>%</b>	<b>Máx.</b>	<b>Min.</b>
TP	47,2%	67,28	33,55
TC	37,5%	48,13	18,7
TNC	15,2%	33,71	6,87

**Desempeño de proyectos de acuerdo con la distribución del trabajo**

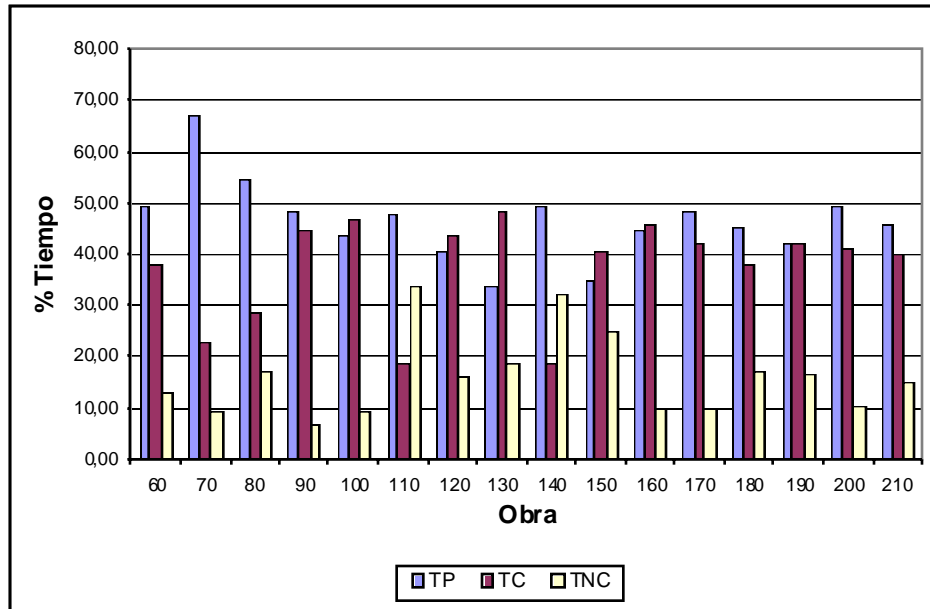
<b>CATEGORIA</b>	<b>PRODUCTIVO</b>	<b>CONTRIBUTIVO</b>	<b>NO CONTRIBUTIVO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Obra 70 (2003)	67,28	23,13	9,57	Mejor desempeño de la muestra en Medellín 2003
Optimo	60	25	15	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m2
Obra 42 (2002)	59,02	25	15,98	Mejor desempeño de la muestra en Medellín 2002
Normal	55	25	20	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m2
Promedio Medellín 2002	49	28	23	Promedio de la muestra de 43,569 m2
Promedio Medellín 2003	47,2	37,5	15,2	Promedio de la muestra de 136,572 m2
Promedio Chile	47	28	25	Estudio Chile 1995, muestra de 370,000 m2

**Tabla 4.3.1. Desempeño de proyectos de acuerdo a la distribución del trabajo. [Botero y Álvarez, 2003]**

**Análisis por obras**

De acuerdo con los estudios realizados anteriormente en otros países sobre este tema, el desempeño general de esta muestra esta por debajo de lo considerado normal pero son similares a los obtenidos en Chile en 1995.

Individualmente la obra 70 obtuvo un desempeño excelente superior a lo considerado óptimo según el estudio de Chile. (Ver tabla 4.3.1)(Ver gráfica 4.3.4)

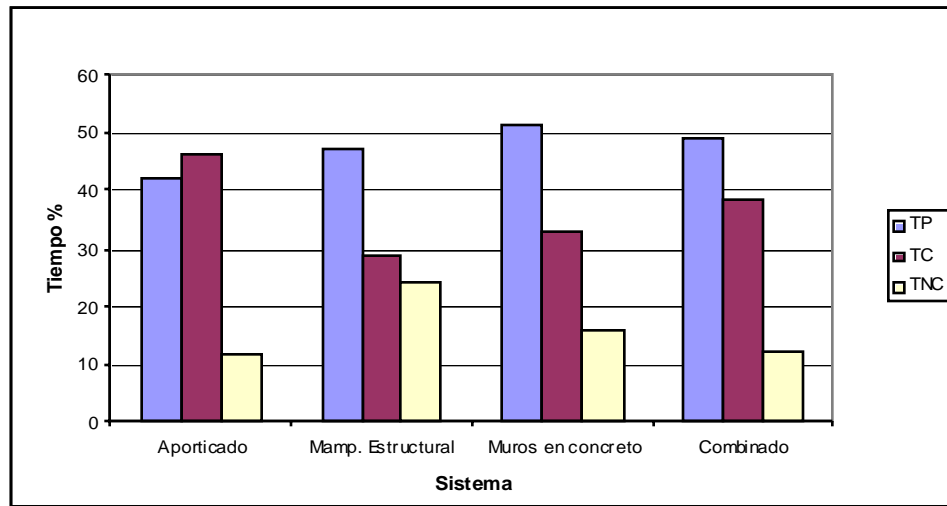


Gráfica 4.3.4. Distribución del tiempo por obra estudiada. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

### Análisis por sistema constructivo.

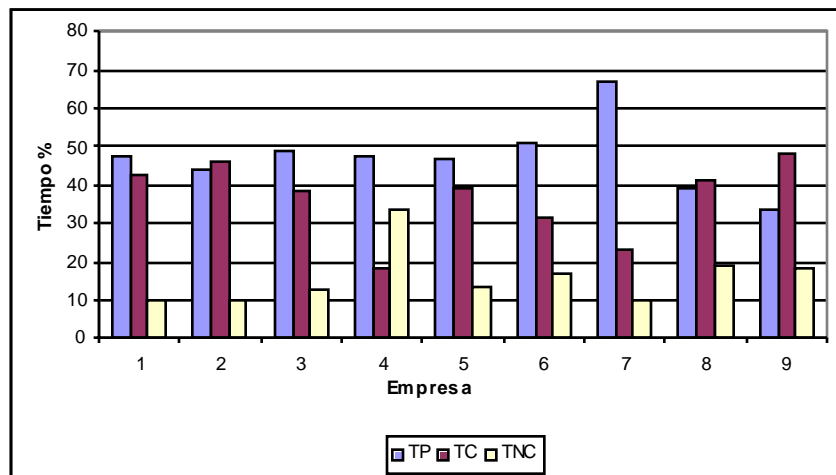
Puede observarse que el sistema de muros en concreto y el combinado (muros en concreto + mampostería estructural), tienen el mejor promedio de la muestra, siendo el TP de muros en concreto de 51.18%, y por el contrario el peor desempeño lo tuvo el sistema tradicional aporticado con un TP de 42.01%. (Ver gráfica 4.3.5)

Todos los sistemas constructivos, excepto el de mampostería estructural, se acercan al promedio general de TNC que estuvo en 15.2% (Óptimo 15%), y solo el aporticado presento un desempeño inferior al promedio para los TC.



Gráfica 4.3.5. Resultados de tiempos por sistema constructivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

### Análisis por empresa.



Gráfica 4.3.6. Resultados de tiempos por empresa. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

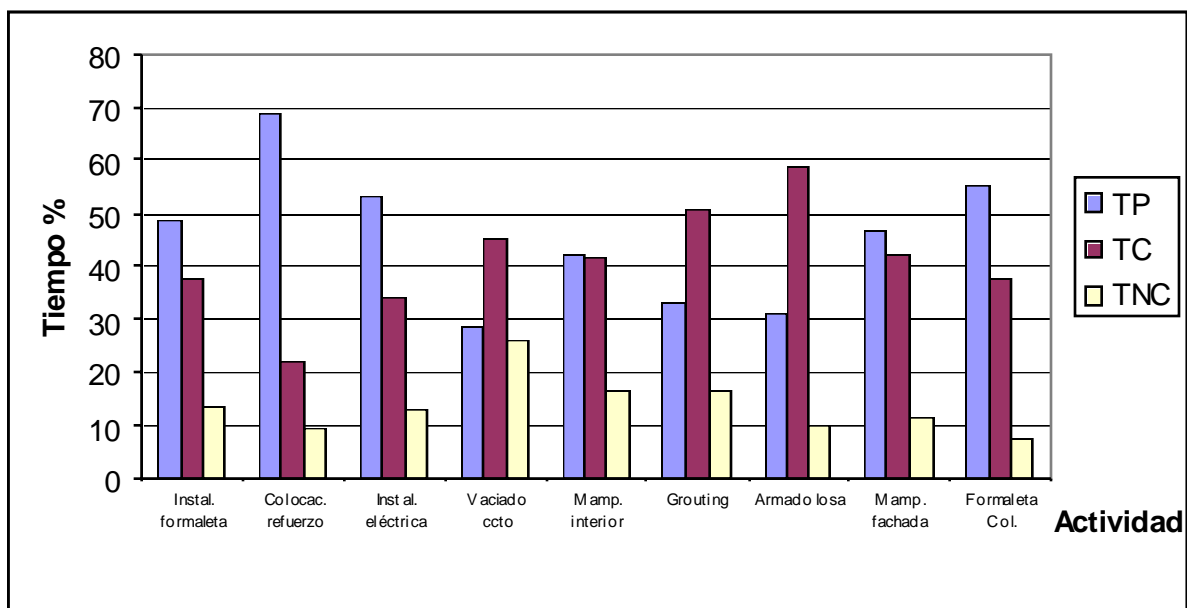
Haciendo un análisis por empresa, la que más sobresale es la 7, la cual tuvo un desempeño por encima del óptimo al obtener un TP > 60% y un TNC < 15%. (Ver gráfica 4.3.6).

Cuatro de las empresas estuvieron por debajo del promedio para TP, tres superaron el promedio de los TNC y la mayoría (55%) se alejan de lo considerado como óptimo o normal para los TC.



### Análisis por actividades

La actividad más sobresaliente es la colocación de refuerzo la cual tuvo un desempeño por encima del óptimo al obtener un TP>60% y un TNC<15%.(Ver tabla 1). El vaciado de concreto es el de mayores pérdidas con un TNC de 26.22% y también requirió en gran porcentaje de TC para su desarrollo. (Ver gráfica 4.3.7)



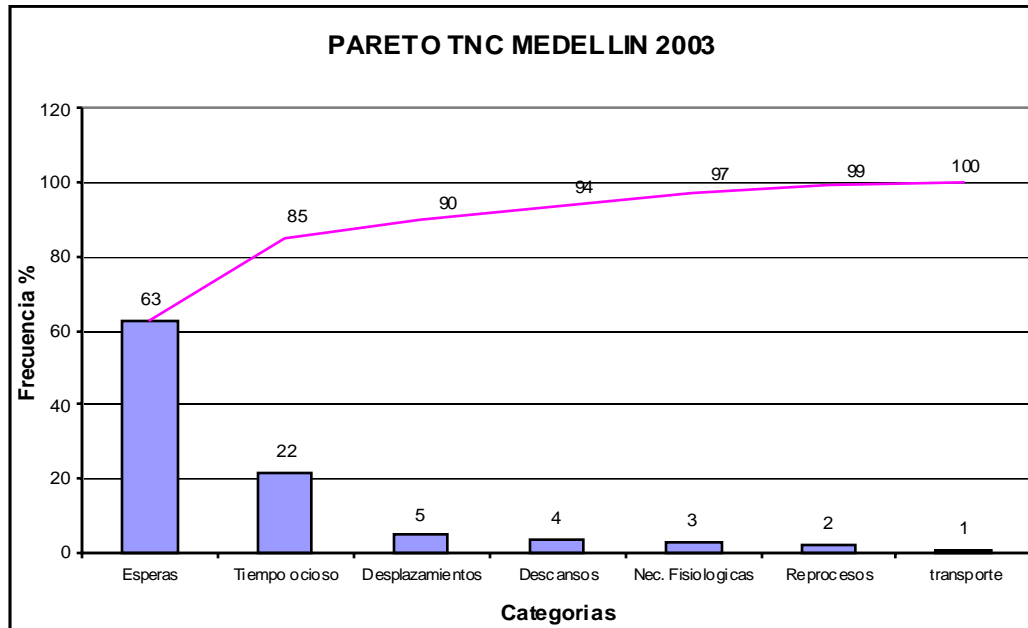
Gráfica 4.3.7. Distribución de tiempos por actividad. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

#### ➤ Categorías de pérdidas y sus causas en los TNC y TC.

En las siguientes gráficas se muestran las causas de pérdidas (trabajo no contributivo) y causas del trabajo contributivo, y sus respectivos porcentajes. Esto para la ciudad de Medellín en el 2003; aunque las principales causas en el estudio de Chile son muy similares a las de Medellín.

### Causas de Tiempo no contributivo.

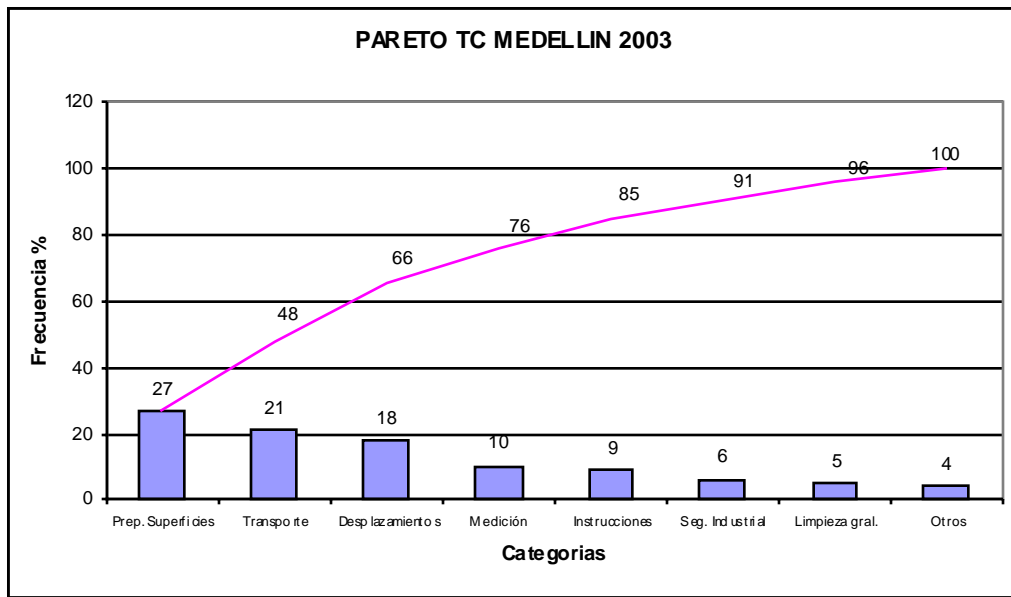
Las esperas, el tiempo ocioso y los desplazamientos representan el 90% de la ocurrencia de TNC en las observaciones. Claro que no se pueden dejar a un lado las otras categorías que también contribuyen al porcentaje de TNC. (Ver gráfica 4.3.8)



Gráfica 4.3.8. Distribución del tiempo no contributivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

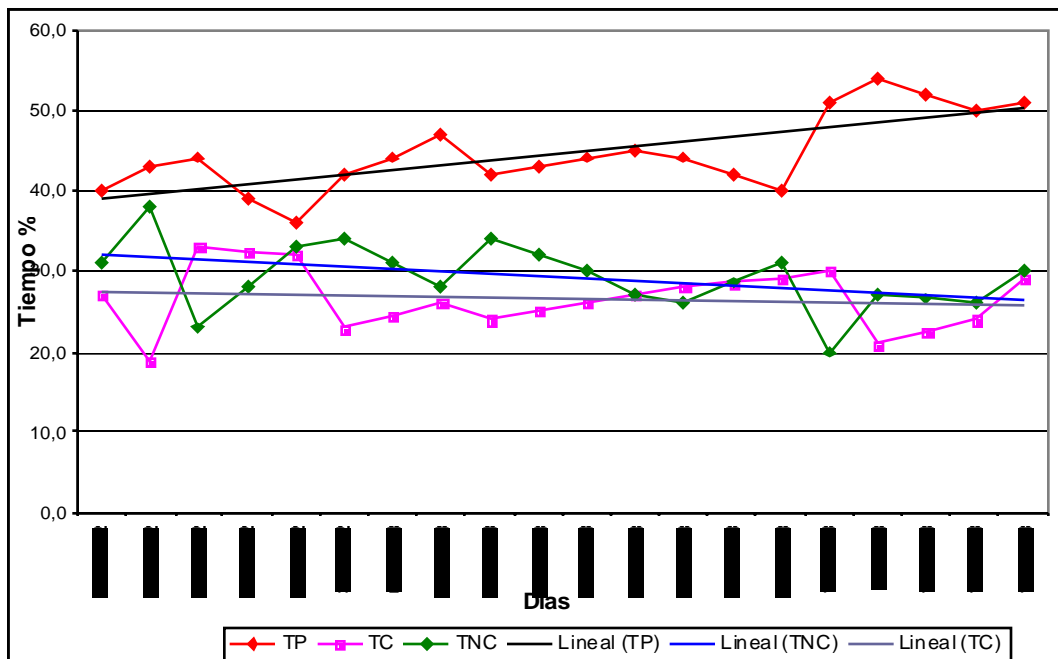
### Causas de Tiempo Contributivo.

La preparación de superficies, el transporte, los desplazamientos, las mediciones y las instrucciones representan el 85% del TC. Se puede observar un inadecuado sistema de transporte y a que la mayoría de obras son en altura. (Ver gráfica 4.3.9).



Gráfica 4.3.9. Distribución del tiempo contributivo. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

➤ Estudio de pérdidas de una constructora chilena.



Gráfica 4.3.10. Estudio de pérdidas. Chile 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

➤ **Indicadores de Productividad.**

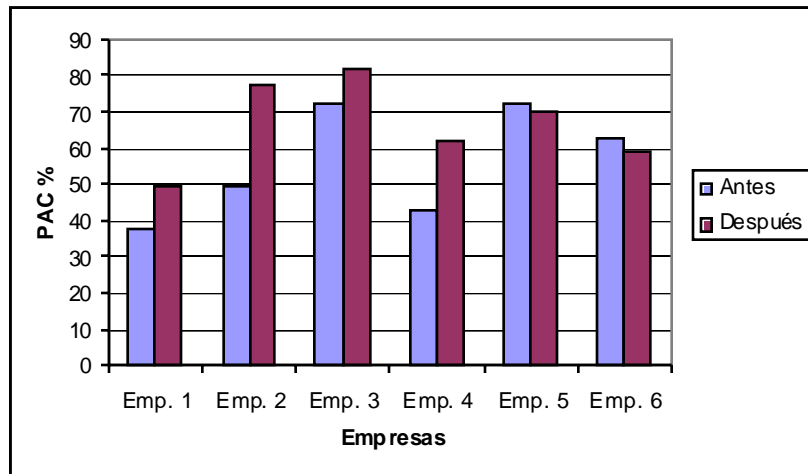
**1. Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC).**

**- Evolución del PAC en Chile.**

Para muchas personas resulta sorprendente descubrir que muchas veces sólo una fracción menor de lo que planifican se cumple, en los proyectos estudiados el cumplimiento promedio ha sido ligeramente superior al 50 %. Sin embargo, no es poco habitual que en muchos proyectos, en ciertos períodos, el cumplimiento de la planificación (PAC) sea del orden de un 20% o 30 %. El problema de la planificación tradicional es que, a pesar que sabemos que muchas actividades no se cumplen, planificamos como si todas las actividades se fueran a cumplir por lo que la productividad colapsa en cadena cuando algunas actividades claves no se cumplen.

La experiencia recogida hasta la fecha ha demostrado que si sistemáticamente se aumenta el nivel de cumplimiento de la planificación es posible lograr un significativo aumento en la productividad y desempeño general del proyecto, medido en indicadores tales como trabajo productivo, velocidad de avance, y efectividad de plazos y costos. La gráfica 4.3.11 muestra los aumentos de PAC promedios logrados en la implementación con uno de los grupos de empresas y los respectivos aumentos en indicadores de productividad medidos.

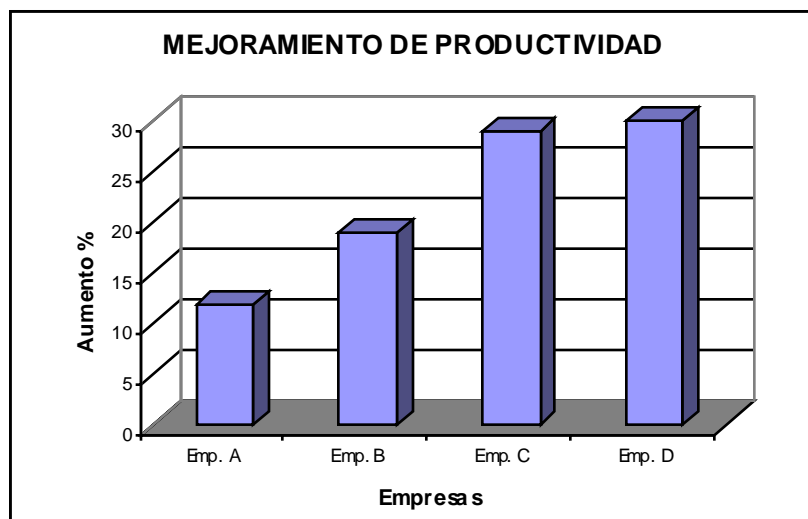
Estos valores fueron medidos en una etapa temprana de implementación por lo que se espera mejoras sustanciales en etapas posteriores. La explicación a estos mejoramientos es que por medio de un mejor cumplimiento de la planificación se logra estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto lo que genera un ciclo virtuoso que permite que la producción se realice en forma continua, sin interrupciones y en forma eficiente. (Fuente: Mejorando la productividad de los proyectos con planificaciones más confiables, Luis F. Alarcón, Revista BIT).



Gráfica 4.3.11. Evolución del PAC en varias empresas. Chile. [Alarcón, 2002]

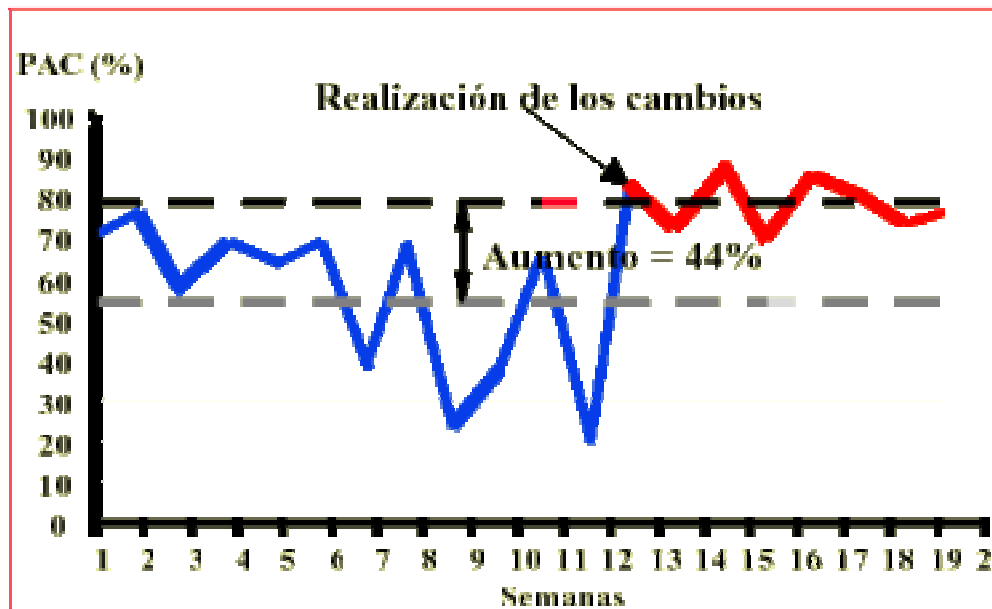
Un compromiso efectivo con la planificación es fácilmente responsable de un 50 % del mejoramiento potencial que se pueda lograr en la efectividad de la planificación.

Un mecanismo fundamental para lograr un mayor cumplimiento de la planificación es el análisis de las causas de no-cumplimiento de la planificación que se realiza semanalmente y que es el corazón del proceso de mejoramiento continuo y aprendizaje que se genera a partir de la implementación del nuevo proceso de planificación.



Gráfica 4.3.12. Mejoramientos de productividad observados en proyectos de varias empresas. Chile. [Alarcón, 2002]

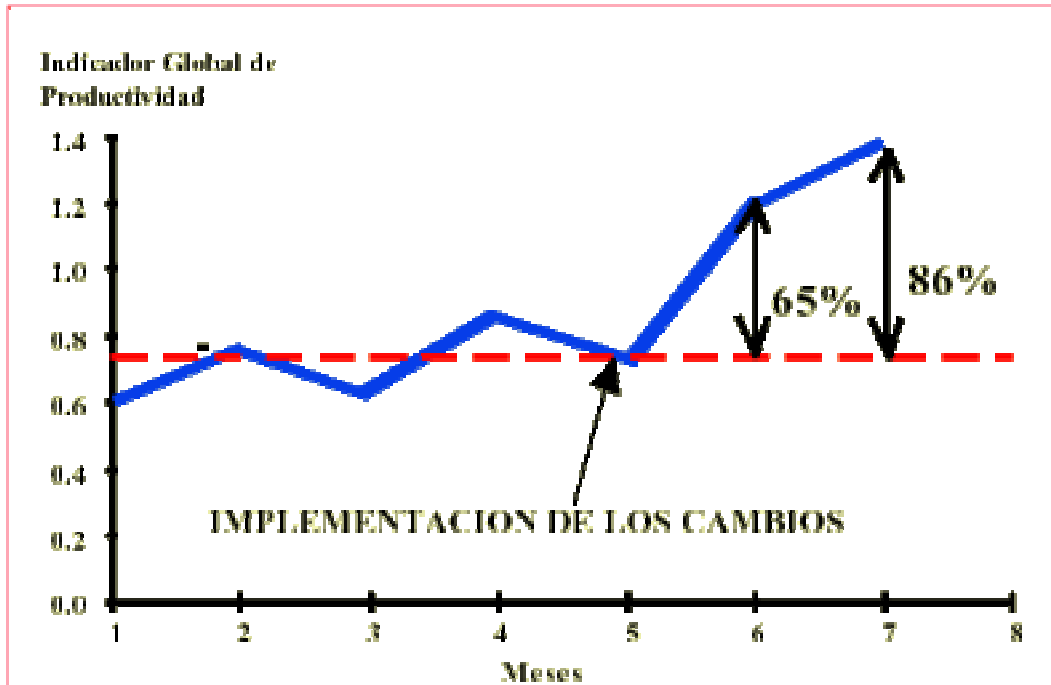
A continuación se presenta un caso de aplicación en Chile en donde se realizó gran cantidad de mediciones tanto antes como después de introducir conceptos del SUP. Antes de la intervención el cumplimiento de la planificación mostraba un comportamiento extremadamente errático y un bajo cumplimiento promedio de la planificación semanal. En promedio, sólo algo más del 50 % de las actividades planificadas en una semana se cumplían evidenciando una alta variabilidad en el ambiente. Al introducir algunos aspectos muy básicos del SUP, como la realización de reuniones semanales, control del PAC y seguimiento de la productividad de las actividades se registraron evoluciones positivas del porcentaje de actividades completadas (PAC), desde un 54% (obtenidas de registros históricos anteriores) a valores cercanos al 80 %, tal como se muestra en la gráfica 4.3.13 (Alarcón y Cruz, 1997). No sólo se incrementó el cumplimiento de la planificación si no que se logro estabilizar las variaciones de cumplimiento en torno a valores muy cercanos al 80 %.



Gráfica 4.3.13. Evolución del PAC. Chile. [Alarcón y Cruz, 1997]

En estudios anteriores se ha mostrado evidencia que existe de una relación directa entre el PAC y la productividad de las cuadrillas involucradas. En el caso presentado se observó un

aumento de la productividad de un 86% al cabo de dos meses de aplicación de los cambios, tal como se muestra en la gráfica 4.3.14.



**Gráfica 4.3.14. Indicadores globales de productividad. Chile. [Alarcón y Cruz, 1997]**

En este caso en particular se produjeron paralelamente diversos cambios en la administración del proyecto y en operaciones específicas dentro del contexto de un programa más global dentro de la empresa, por lo que no todo el mejoramiento puede ser atribuido al mejoramiento en la planificación. No obstante, uno de los mayores énfasis fue puesto en este proceso, adoptándose un sofisticado esquema de microplanificación (Alarcón y Cruz, 1997).

El mejoramiento global es consecuencia del incremento en el desempeño de las operaciones y sus interrelaciones por lo que a continuación se indican resultados adicionales obtenidos:

- Una reducción en la duración de actividades individuales, que alcanzó un promedio del 52%, llegando en algunas al 85% de reducción respecto a la duración inicial.
- Un aumento promedio del 110% de la productividad individual de las actividades.

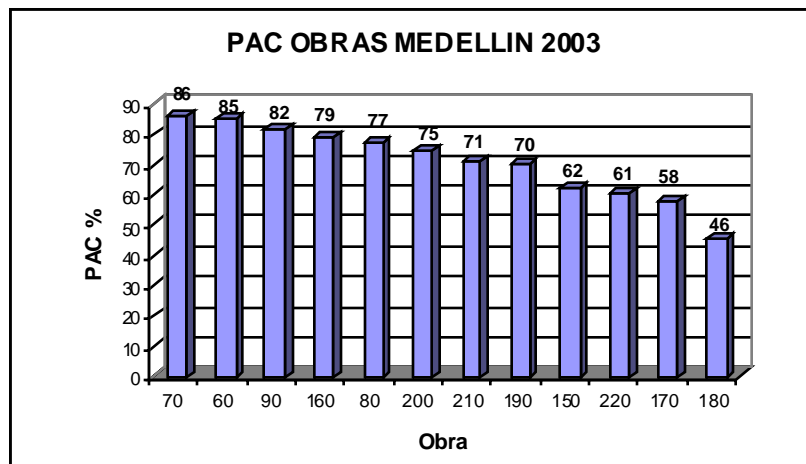
- Se detecto además un sensible aumento en la motivación y la moral de los trabajadores y supervisores del proyecto.

- **Evolución del PAC en Medellín, 2003.**

Un buen desempeño esta por encima del 80% y un desempeño pobre por debajo del 60%. Equipos con experiencia mantienen un desempeño superior al 85%. (Howell, G. 2000).

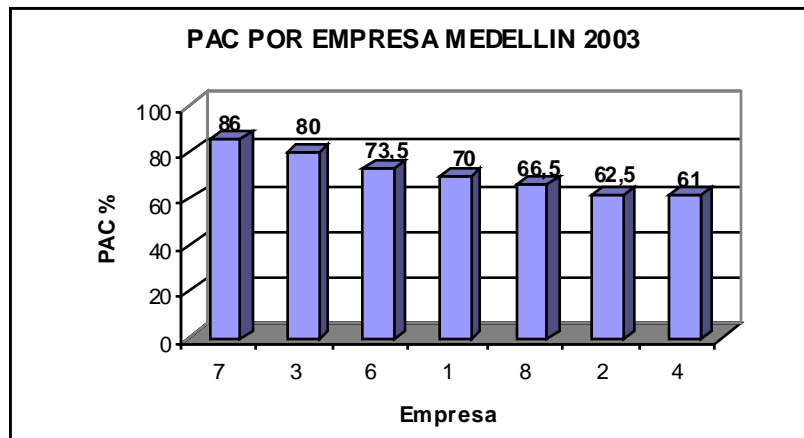
El desempeño promedio de la ciudad de Medellín fue de 75.5%, por debajo de lo considerado como bueno, sin embargo algunas obras en particular (60, 70 y 90), alcanzaron promedios por encima de 80%. (Ver gráfica 4.3.15)

A nivel de empresas, la que obtuvo mayor porcentaje fue la constructora 7 con un 86%, y la siguiente fue la constructora 3 con 80%. Las restantes con desempeños inferiores muestran grandes oportunidades para el mejoramiento en su sistema de planificación. (Ver gráfica 4.3.16).



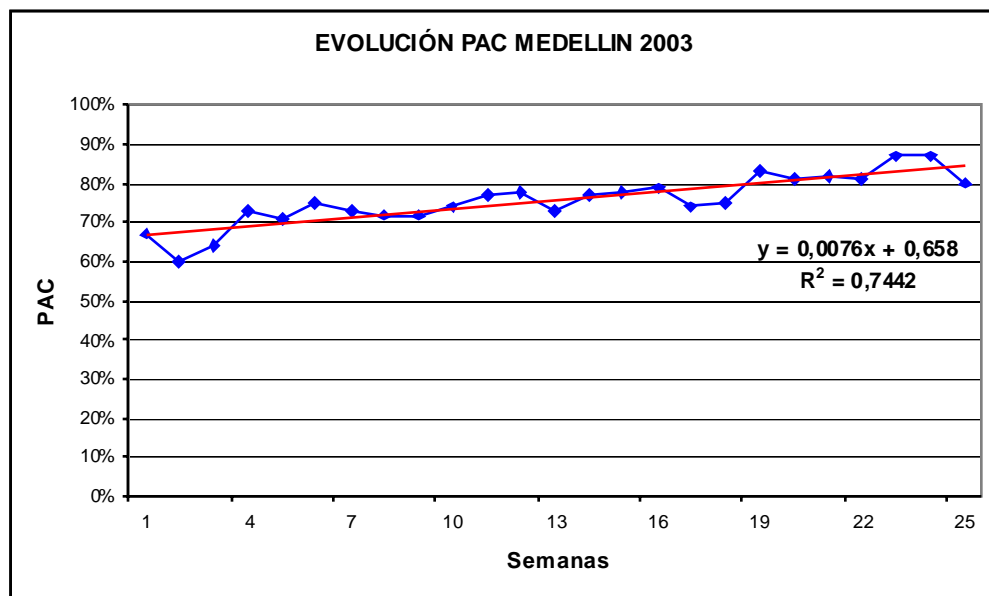
Gráfica 4.3.15. Análisis del PAC por obras. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]





Gráfica 4.3.16. Análisis del PAC por empresa. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

Durante el año 2003, se realizó el seguimiento a las obras que implementaron el sistema de planificación y control. La gráfica 17 presenta el resultado de la evolución del PAC por semana. La pendiente de la recta  $0.0076$  es el porcentaje del PAC que incrementan semanalmente las empresas; si se mantuviera esa tendencia, se necesitarían 45 semanas para que el promedio del PAC llegue a 100%. Si se logra generar una cultura de mejoramiento a través de este programa, un proyecto de varias etapas lo lograría, o también manteniendo la base de un equipo que se vuelva experto en el tema. (Ver gráfica 4.3.17).



Gráfica 4.3.17. Evolución PAC general. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]

## 2. Otros indicadores de eficiencia.

Como en muchas ocasiones no es suficiente el PAC para determinar un buen o mal desempeño de los proyectos, se hace necesario la inclusión de otros indicadores para complementar la información y así dar conclusiones y observaciones más confiables sobre los resultados que se obtengan. A continuación se muestran tres de ellos:

- Eficiencia de Planeación Semanal (%) (EPS)

$$EPS = \frac{NAPS * 100}{NAPG}$$

- Eficiencia de Ejecución Semanal (%) (EES)

$$EES = \frac{TAS * 100}{TAPG}$$

- Atraso en la Ejecución de Actividades (%) (AEA)

$$AEA = \frac{(TAPG - TAE) * 100}{TAPG}$$

Donde:

**NAPS i:** Número de actividades programadas en el plan semanal en la semana i.

**NAPG i:** Número de actividades programadas en el plan general en la semana i.

**TAS i:** Total de actividades realizadas hasta la semana i.

**TAPG i:** Total de actividades programadas en el plan general hasta la semana i.

**TAE i:** Total de actividades ejecutadas hasta la semana i.

A continuación en la tabla 2 se presenta un resumen de los indicadores de eficiencia de la implementación del programa en 9 obras de la ciudad de Medellín.

Como punto para resaltar, se puede ver que en la obra 90 se presenta un PAC de 82% pero un AEA de 42% porque el ajuste en la planeación y en la ejecución estuvo por debajo del 70%. Por lo tanto hay que hacer énfasis en la importancia de tener un PAC superior a 80%, pero que por si solo no garantiza un buen desempeño en la obra.

<b>Obra</b>	<b>PAC</b>	<b>EPS</b>	<b>EES</b>	<b>AEA</b>
70	86,0%	124,2%	119,0%	3,2%
60	85,0%	109,8%	136,7%	16,9%
90	82,0%	66,8%	55,9%	45,3%
160	79,0%	97,7%	71,2%	17,5%
80	77,0%	97,9%	71,0%	17,6%
200	75,0%	195,4%	192,4%	-27,3%
210 TA	71,0%	88,9%	68,6%	56,1%
210 TB	71,0%	70,9%	39,2%	58,2%
150	62,0%	74,0%	25,6%	70,7%

**Tabla 4.3.2. Indicadores de eficiencia. Medellín 2003. [Botero y Álvarez, 2003]**

#### **4.4 ESTRATEGIA PRELIMINAR PARA COMPROBACIÓN DEL SISTEMA**

Con el fin de comprobar realmente la necesidad de la aplicación del sistema “Ultimo Planificador”, con resultados de datos tomados en campo en la ciudad de Bogotá, se plantea una estrategia inicial que se propone a continuación:

- Acordar con las empresas interesadas en la aplicación del sistema, en qué proyectos y en cuantos estarían dispuestas a hacer esta primera prueba. Se recomienda que se realice en los tipos de proyectos que más auge tengan en el momento de hacer la prueba y de cara al futuro también, por ejemplo, en este momento se están realizando la mayoría de proyectos en los estratos altos pero se está viendo que la demanda de compradores poco a poco se va reduciendo para estos estratos, lo cual está generando que se planeen próximamente proyectos en los demás faltantes, entonces sería bueno que la muestra abarcara varios estratos para que fuera mucho más confiable y de mejor aplicación.

No solo se tendría que ver el estrato, sino también el sistema constructivo, tratando de abarcar la mayoría de los que se estén aplicando en el momento. También se incluiría la construcción pesada para tener referencia sobre este tipo de proyectos.

- Dar una introducción y capacitación corta del tema, a las personas que van a estar involucradas en esta parte inicial de la implementación. Sobre todo a los tomadores de los datos, sobre el manejo de cada uno de los formatos que tienen que diligenciar.
- Tomar muestras representativas (más de 384 por actividad estudiada, para que sea valido, con intervalo de confianza del 95%, según estudios que se han hecho sobre el tema) de las categorías del trabajo (tiempo productivo, contributivo y no contributivo) de los proyectos que se acuerden con las empresas constructoras. Esto se haría en el menor tiempo posible ya que la idea es solo comprobar la necesidad de aplicación de nuevos sistemas de mejoramiento de gestión.
- Con respecto a las actividades a estudiar, seria bueno que varios de los proyectos escogidos tuvieran varias etapas, algunas de ellas ya avanzadas para poder observar en un tiempo corto actividades diversas que estén dentro de las escogidas para su estudio. O también podría ser en proyectos aparte, pero que estuvieran en un nivel de avance distinto. En todo caso que se abarque una gran variedad actividades y que sean analizadas en los diferentes tipos de proyectos como ya se menciono anteriormente. (Ver tabla 4.2.1).
- Para escoger las actividades se tendrán en cuenta las principales y más representativas de cada tipo de obra. En la tabla 1. se presentan algunas recomendadas, pero podrán ser más, o menos, o diferentes a las planteadas, dependiendo de lo representativa que se quiera la prueba y de las necesidades que tenga cada entidad al interior de si misma
- Con respecto al Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), se tendría que hacer un seguimiento durante las semanas que demore la prueba en cada proyecto, o diferente a este tiempo, obviamente sin aplicar ningún parámetro del sistema “Último Planificador”, solo dejar que la planificación siga su curso, y así observar las mejoras que se podrían obtener cuando este se aplique.

- Revisar los diferentes resultados obtenidos de la prueba, analizarlos y ver si es realmente necesario la aplicación del sistema en varios proyectos de construcción en la ciudad de Bogotá.
- Una vez verificado los beneficios que se podrían obtener de la aplicación, visitar la mayoría de constructoras posibles y así desarrollar en gran magnitud la estrategia principal que se propone.

#### **4.5 CONVERSACIONES CON EMPRESAS CONSTRUCTORAS.**

Después de estudiar todo lo relacionado con el tema y de realizar una estrategia de implementación del sistema, el paso a seguir fue buscar los medios para poder aplicarlo en la ciudad de Bogotá.

Con el fin de poder llegar a las empresas constructoras y llamar su atención hacia la implementación de este tipo de estrategias “lean”, se elaboró un documento de incentivo en el cual se mostraba los diferentes resultados obtenidos de la implementación del sistema, en Chile y en Medellín, los cuales fueron en su mayoría satisfactorios.

Inicialmente para aplicar la estrategia preliminar que se plantea en este documento, se acordó junto con el asesor de esta tesis ir a cuatro empresas, a las cuales como primer paso se les entregó personalmente unos documentos que incluyeron la estrategia preliminar para comprobación del sistema y el incentivo. Después de un tiempo prudente y suficiente para que estas entidades leyeran y analizaran tales documentos, se comenzó a contactarlas telefónicamente para confirmar si estaban o no, de acuerdo con lo planteado, y para acordar una cita en la cual se aclararían todas las inquietudes que pudieran tener. Tres de las cuatro empresas respondieron a este contacto y se acordaron citas en pocos días siguientes.

Con la empresa 1, se conversó con el encargado del control de los proyectos el cual estuvo muy de acuerdo con que se promovieran este tipo de estrategias y estuvo dispuesto a colaborar con lo que estuviera a su alcance. Pero al final de la conversación, se llegó a la conclusión que como esta entidad se encarga solo de gerenciar los proyectos, era mejor contactar directamente a los que se encargan de construir sus proyectos, que son al fin y al cabo los que dan la última palabra al respecto.

Con la empresa 2, se conversó directamente con el gerente. Al ser esta entidad una de las participantes de la implementación de este mismo sistema en la ciudad de Medellín, ya estaba más familiarizada con el tema y con sus resultados, por lo tanto estuvo totalmente de acuerdo con lo planteado y confirmó su participación en este proyecto. El gerente se comprometió a ir estudiando cuales proyectos se podrían destinar para este fin, así como las diferentes personas que estarían involucradas en el. Como esta empresa además de tener proyectos de construcción de edificaciones también tiene en este momento proyectos de construcción pesada en la ciudad de Bogotá (el cual es uno de los tipos de proyectos en los que se quiere aplicar el sistema), se le pidió el favor que dentro de los proyectos que se destinaran, estuviera involucrado por lo menos uno de este tipo.

Con la empresa 3, se conversó con el encargado del control de los proyectos. En este caso, al desconocer el tema, había muchas inquietudes en varios puntos del sistema como tal y del procedimiento que se iba a seguir para su implementación, las cuales fueron aclaradas en el transcurso de la reunión. Al final estuvo de acuerdo con lo planteado y confirmó su participación en este proyecto. Esta persona también se comprometió a ir estudiando cuales proyectos se podrían destinar para este fin, así como las diferentes personas que estarían involucradas en el.

En las conversaciones con las empresas 2 y 3, que al final fueron las que aceptaron participar, se les planteó la necesidad de involucrar el mayor número de proyectos y que estos tengan las diferentes características que se muestran en la estrategia preliminar que se plantea en este documento. De la misma forma se acordó que se volvería a tener

conversaciones en el mes de enero del 2005, para así poder comenzar la implementación alrededor del mes de febrero del mismo año.

#### **4.6 PASOS A SEGUIR.**

Según como se acordó, tener nuevas conversaciones con las empresas participantes, para revisar y acordar definitivamente los proyectos en los cuales se va a llevar a cabo la implementación del sistema, así como las actividades que se analizaran en cada uno de ellos, tal como se ha planteado en la estrategia preliminar, y por supuesto teniendo en cuenta las que son más representativas y problemáticas para las empresas según su propio criterio y experiencia a lo largo de los proyectos que han realizado, ya que al fin y al cabo la información y resultados obtenidos de esta implementación será de mucha ayuda y servirá como un excelente registro histórico para ellas.

Escoger las diferentes personas que estarán involucradas (tomadores de datos, personal de la obra, etc), a qué proyectos serán destinadas, su rol y las funciones que cumplirán a lo largo de la implementación.

Se debe realizar una programación de cada una de las actividades que se van a realizar, teniendo en cuenta una duración aproximada, que se estima podría ser de tres meses, ya que al ser solo una estrategia de comprobación no es conveniente ni necesario que sea demasiado larga o complicada.

Hacer una capacitación corta a las personas que estarán involucradas, sobre los conceptos fundamentales que se requieren para entender la estrategia y su finalidad. Enseñar rápidamente a los tomadores de datos, la forma de llenar los formatos que se utilizaran (formatos de la prueba de los 5 minutos), y los factores que se deben tener en cuenta en el momento de llenarlos. Se habla de una capacitación corta ya que para esta estrategia

preliminar no se van a aplicar los parámetros del sistema “Último planificador”, como ya se explico anteriormente.

Se deben ir registrando y tabulando periódicamente cada uno de los datos obtenidos, realizar informes ordenados, de ser posible semanalmente, con tablas y gráficas que permitan analizar y observar claramente lo que va aconteciendo durante la marcha, para así ir solucionando de forma temprana todos los problemas y anomalías que se vayan presentando.

Seguir los diferentes puntos que se plantean en la estrategia preliminar anteriormente descrita y los consejos y sugerencias que se mencionan a lo largo del documento.



## 5. CONCLUSIONES

- Un factor clave en el desarrollo de los proyectos son los obreros, ya que al fin y al cabo son los que por último ejecutan realmente el trabajo y normalmente son los que menos se tienen en cuenta en el momento de tenerlos contentos y de plantearles un ambiente de trabajo con buenas garantías para ellos. Esto permite que se involucren más con el proyecto y realicen el trabajo de mejor forma.
- Es importante identificar a tiempo las causas de no cumplimiento, pero no solo identificarlas; se deben corregir los errores y aprender sobre estas situaciones para que no se vuelvan a presentar y así, seguir mejorando. No solo se debe ver los errores que se estén cometiendo en un proyecto en particular, sino en todos los que se estén analizando, de ahí que se hayan planteado reuniones en las cuales asistan delegados de todos los proyectos para así aprender sobre errores externos que también se pueden presentar en los propios, y podernos anticipar a estos.
- Esta claro que el tiempo no contributivo o pérdidas se debe y se puede minimizar lo más posible o mitigarlo, ya que sus causas son solucionables y solo se requiere de una mejor organización, seguimiento y control. Esto hará que la productividad se incremente en un gran porcentaje.
- Con respecto al tiempo contributivo se puede minimizar pero no acabar por completo ya que siempre se necesitará de algunas actividades previas de apoyo y logística para llevar a cabo la actividad principal de producción.
- Al comparar los resultados obtenidos del 2002 y 2003 en la ciudad de Medellín con respecto a la distribución del trabajo, se observa que el TNC y el TP se redujo en el 2003 lo que ocasionó un aumento del TC, lo cual indica que hay mucho por mejorar y

que se puede lograr, ya que como se dijo anteriormente el TNC se debe eliminar y el TC se debe disminuir lo más posible.

- Es necesario una participación activa de todas las personas que estarán involucradas con la implementación de estas estrategias, desde el gerente o presidente de la compañía hasta el obrero quien es finalmente el que ejecuta el trabajo. Se requiere que las personas con altos cargos dentro de la compañía promuevan y estén de acuerdo con una cultura de mejoramiento para así desarrollar más fácilmente este tipo de estrategias.
- Al presentar el incentivo y las estrategias desarrolladas a las empresas constructoras, se observó una buena aceptación y una gran motivación, lo cual generó el inmediato apoyo y colaboración para la implementación de estas, en algunos proyectos que están siendo ejecutados por las respectivas entidades participantes.
- Como resultado final de las conversaciones con las constructoras, se llegó a un acuerdo para comenzar con la estrategia preliminar en el mes de enero del 2005, abarcando un tiempo de duración aproximado entre tres y cuatro meses. Mientras tanto estas van determinando en que y en cuantos proyectos se va a implementar, así como las personas que estarán involucradas en este proceso.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Al ser este tipo de estrategias muy poco conocidas en el medio se debe elaborar una capacitación muy detallada a todas aquellas personas que estarán a cargo de los proyectos escogidos para la implementación del sistema. Se deben escoger muy bien los temas que serán dictados, de modo tal que abarquen todo lo necesario para un excelente desarrollo de este.

- Adicional al incentivo presentado a las empresas, sería muy bueno hacer una propagación mucho más amplia de estas estrategias, para fomentar en las empresas una cultura de mejoramiento continuo. Una ayuda podría ser el libro “Construcción sin Pérdidas” que fue publicado hace poco por el Doctor Luis Fernando Botero, el cual fue un gran soporte de esta tesis.
  
- Antes de comenzar la implementación del sistema, se recomienda tener una conversación muy seria con los proveedores y subcontratistas, y llegar a acuerdos que permitan obtener compromisos confiables, ya que estos son causa de grandes atrasos en los proyectos y es mejor tener las cosas muy claras desde el comienzo.
  
- Escoger con mucho cuidado los proyectos en los cuales se va a llevar a cabo la aplicación del sistema, con sus respectivas actividades, teniendo en cuenta todas las observaciones y sugerencias que se plantean en las estrategias presentadas.
  
- Con respecto al PAC, se hace énfasis que muchas veces por si solo no da la información necesaria para dar una conclusión real sobre los resultados, se deben tener muy en cuenta los índices que lo acompañan (EPS, EES y AEA) y que son de gran ayuda para concluir más acertadamente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, L. y Cruz, J. (1997). Diagnostico, evaluación y mejoramiento del proceso de planificación de proyectos, Revista de ingeniería de construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Alarcón, L. (1994). Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. Presented on the 2<sup>nd</sup> workshop on lean construction. Santiago de Chile, Chile.
- Serpell, A., Ventura, A. y Contreras, J. (1995). Characterization of waste in building construction projects. Presented on the 3<sup>o</sup> workshop on lean construction. Albuquerque.
- Botero, L. (2002). Mejoramiento de la productividad en proyectos de vivienda, a través de la filosofía lean construction (Construcción sin pérdidas). Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Alarcón, L. (2002). Mejorando la productividad de proyectos con planificaciones más confiables, Revista BIT, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Ballard, G. y Howell, G. (1999). The Last Planner: Improving Reliability in Planning and Work Flow. This workbook is used in The Last Planner workshop offered by the Lean Construction Institute, Lean Construction Institute, San Francisco, California, U.S.A.
- Ballard, G. (2000). The last planner system of production control. A thesis submitted of the faculty of engineering of the University of Birmingham, for the degree of DOCTOR OF PHILOSOPHY. School of Civil Engineering, Faculty of engineering, The University of Birmingham.

- Alarcón, L. (2003). Un sistema de control de producción para la construcción: El último planificador (versión para revisión preliminar). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Botero, L. y Álvarez, M. (2003). Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción. Proyecto de investigación. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical report No. 72. Center for integrated facility engineering. Department of civil engineer. Stanford University.
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción. México DF: Alfaomega grupo editor.
- Garzón, M. (2001). Políticas de productividad para compañías constructoras de vivienda de interés social. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería civil y ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.
- Romero, J. (1999). Mejoramiento de la productividad a través de la construcción sin Pérdidas. Tesis de Magíster en Ingeniería civil. Departamento de Ingeniería civil y ambiental, Universidad de los andes. Bogotá, Colombia.
- Fiallo, M y Revelo, V. (2002). Applying the last planner control system to a construction project: a case study in Quito, Ecuador. Proceeding of the 10<sup>TH</sup> Annual conference of the International group for lean construction. Gramado, Brazil.
- Good2Great and VANRY (2001). Making and Securing Reliable Promises on Projects: You First Step in Delivering Lean Projects, Document presented in course of Good2Great™ Associates, Good2Great™ Associates, U.S.A.

# **ANEXOS**

**FORMATOS PARA APLICACIÓN DEL SISTEMA**

**TOMA DE DATOS TIEMPO PRODUCTIVO**

**Actividad:** \_\_\_\_\_

**Empresa:** \_\_\_\_\_

**Obra:** \_\_\_\_\_

**Encuestador:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_ **Día semana:** \_\_\_\_\_

<b>Empleado:</b> _____	<b>Hora:</b> _____	<b>Oficio:</b> _____
<b>TNC:</b> _____	<b>Observaciones:</b> _____	
<b>TC:</b> _____	<b>Observaciones:</b> _____	
<b>TP:</b> _____	<b>Observaciones:</b> _____	
<b>Comentarios:</b> _____		

**Formato 1: Toma de datos de la prueba de los 5 minutos. [Botero, 2002]**









**CATEGORIAS Y CAUSAS DEL TIEMPO NO CONTRIBUTIVO. [Botero, 2003]**

	<b>CATEGORIA</b>	<b>CODIGO</b>	<b>CAUSA</b>
<b>1</b>	<b>ESPERAS</b>	101	Falta de equipo y/o herramienta
		102	Falta de materiales
		103	Sobrepoblación
		104	Actividad previa sin terminar o mal ejecutada
		105	Falta de continuidad
		106	Cambio de mezcladora
		107	Falta de instrucciones
		108	Otros
<b>2</b>	<b>TIEMPO OCIOSO</b>	201	Actitud del trabajador
		202	Tomando decisiones
		203	Sobrepoblación
		204	Falta de supervisión o instrucciones
		205	Conversando
		206	Otros
<b>3</b>	<b>DESPLAZAMIENTOS</b>	301	Falta de recursos
		302	Falta de supervisión o instrucciones
		303	Sobrepoblación
		304	Pobres condiciones de trabajo
		305	Actividad previa sin terminar
		306	Otros
<b>4</b>	<b>DESCANSO</b>	401	Agotamiento
<b>5</b>	<b>NECESIDADES FISIOLOGICAS</b>	501	Hidratación
		502	Aseo personal
		503	Ir al baño
		504	Otros
<b>6</b>	<b>REPROCESOS</b>	601	Trabajo mal ejecutado
		602	Trabajo dañado por otra cuadrilla
		603	Falta de planeación
		604	Cambio de planos, especificaciones o instrucciones
<b>7</b>	<b>TRANSPORTE</b>	701	Mala distribución o localización de recursos
		702	Falta de equipo
		703	Métodos inadecuados
		704	Otros

## ENCUESTAS DE DEIENCIAS Y DEMORAS

<b>CUADRILLA:</b>	<b># OBREROS:</b>		
<b>FECHA:</b>	<b>ACTIVIDAD:</b>		
<b>PROBLEMAS QUE PRODUCEN INTERUPCIONES EN EL TRABAJO</b>	<b>Número de horas</b>	<b>Número de obreros</b>	<b>Horas-hombre perdidas</b>
<b>CAUSAS DE TIEMPO NO CONTRIBUTIVO</b>			
<b>ESPERAS</b>			
Esperando por materiales (bodega)			
Esperando por materiales (externo)			
Esperando por herramientas no disponibles			
Esperando por equipos			
Esperando por información			
Esperando a cuadrillas de actividad previa			
Sectores congestionados con trabajadores			
Otros			
<b>REPROCESOS</b>			
Modificaciones/rehacer trabajo (error de diseño)			
Modificaciones/rehacer trabajo (error prefabricación)			
Modificaciones/rehacer trabajo (error construcción)			
<b>TIEMPO OCIOSO</b>			
<b>DESCANSO</b>			
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>			
<b>NECESIDADES FISIOLÓGICAS</b>			
<b>CAUSAS DE TIEMPO CONTRIBUTIVO</b>			
<b>TRANSPORTE</b>			
<b>PREPARACIÓN DE SUPERFICIES</b>			
<b>DESPLAZAMIENTOS</b>			
<b>INSTRUCCIONES</b>			
<b>MEDICION</b>			
<b>SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>			
<b>LIMPIEZA GENERAL</b>			
<b>OTROS</b>			
Responsable: _____			

Formato 5: Formato de encuestas de detenciones y demoras. [Botero, 2003]

**ENCUESTA DE IDENTIFICACION DE PERDIDAS**

**Clasifique según su frecuencia, las siguientes fuentes de pérdidas**

	Nunca	Frecuente	Ocasional	Rara vez
<b>Administración</b>				
Requerimientos innecesarios	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Exceso de control	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Falta de control	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mala planificación	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Burocracia	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Uso de recursos</b>				
Exceso de cantidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Falta de cantidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mal uso	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mala distribución	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Mala calidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Disponibilidad	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Información</b>				
No necesaria	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Defectuosa	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Inoportuna	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Poco clara	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**Identifique cuales son las 5 pérdidas más frecuentes, según su percepción**

1, Trabajo sin hacer	<input type="text"/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p><b>Ordene estas 5 pérdidas según su importancia</b></p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> </div>
2, Reprocesos	<input type="text"/>	
3, Trabajo innecesario	<input type="text"/>	
4, Errores	<input type="text"/>	
5, Detenciones	<input type="text"/>	
6, Pérdidas de materiales	<input type="text"/>	
7, Deterioro de materiales	<input type="text"/>	
8, Mov. Innecesario de gente	<input type="text"/>	
9, Mov. Innecesario de material	<input type="text"/>	
10, Exceso de vigilancia	<input type="text"/>	
11, Supervisión extra	<input type="text"/>	
12, Req. Excesivo de espacio	<input type="text"/>	
13, Retraso de actividades	<input type="text"/>	
14, Procesamiento extra	<input type="text"/>	
15, Necesidad de aclaraciones	<input type="text"/>	
16, Desgaste anormal de equipos	<input type="text"/>	

**Formato 6: Formato de encuesta de identificación de pérdidas. [Botero, 2003]**

### LIBERACIÓN DE RESTRICCIONES

Actividad	¿Están disponibles los recursos de?				
	Diseño	Materiales	M.O	Equipos	Prerequisitos

Formato 7: Formato para tabulación de liberación de restricciones. [Alarcón, 2003]



**TABULACIÓN CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO Y PAC**

<b>SEMANA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>...</b>	<b>TOTAL ACUMULADO</b>
<b>ACTIVIDADES PROGRAMADAS</b>												
<b>ACTIVIDADES COMPLETADAS</b>												
<b>PAC</b>												
<b>PAC ACUMULADO</b>												
<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO</b>												
<b>Proveedor</b>												
<b>Herramienta y equipos</b>												
<b>Contratista</b>												
<b>Mal tiempo</b>												
<b>Pre-requisito</b>												
<b>Diseños</b>												
<b>Otros</b>												

**Formato 9: Formato para tabulación de causas de no cumplimiento y PAC. [Botero, 2002]**



