

Análisis de la constructabilidad con oportunidad de mejora en los procesos de planeación y ejecución en proyectos de construcción de infraestructura vial en Bogotá

Línea Central de Investigación: Desarrollo Económico Con Calidad de Vida

Paula Tatiana Ardila Carvajal

Ingeniera Civil

Presentado por:

Universidad La Gran Colombia

Facultad de postgrados

Especialización en Gerencia

Bogotá D.C.

2018

Trabajo de grado para optar al título Especialista en Gerencia

Leidy Yolanda González

Dirigido por

Universidad La Gran Colombia

Facultad de postgrados

Especialización en Gerencia

Bogotá D.C.

2018

## **Contenido**

<b>1. Definición del problema .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>4. Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
<b>5. Marco teórico .....</b>	<b>11</b>
<b>6. Marco conceptual.....</b>	<b>22</b>
<b>7. Marco legal .....</b>	<b>23</b>
<b>8. Metodología .....</b>	<b>24</b>
<b>9. Capítulo1: Principales causas de los incumplimientos de las obras.....</b>	<b>27</b>
<b>10. Capítulo 2: Evaluación del conocimiento del concepto de constructabilidad por parte de las empresas constructoras de Bogotá.....</b>	<b>37</b>
<b>11. Capítulo 3: Prácticas que mejoran los procesos en las etapas de diseño e ingeniería según los principios de constructabilidad .....</b>	<b>42</b>
<b>12. Conclusiones .....</b>	<b>46</b>
<b>13. Bibliografía .....</b>	<b>49</b>

<b>Grafico 1</b>	<b>Conocimiento del programa de constructabilidad.....</b>	<b>37</b>
<b>Grafico 2</b>	<b>Disposicion de implementar el programa de constructabilidad .....</b>	<b>38</b>
<b>Grafico 3</b>	<b>Frecuencia en que se presentan las barreras en las empresas .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 1</b>	<b>Barreras para la implementación de la constructabilidad .....</b>	<b>39</b>

## **1. Definición del problema**

El sector de la construcción es de vital importancia para el desarrollo social y económico de un país. Todos los seres humanos son usuarios masivos de todos los productos del sector de la construcción, como la vivienda, carreteras, acueductos, etc.

Hoy en día se reconoce dentro de empresas constructoras, un alto porcentaje de fallas y fracasos en la realización de obras, las cuales no se entregan en los tiempos estipulados y programados con anterioridad y dando paso a retrasos y generación de costos para disminuir el impacto del incumplimiento en la programación de las obras, al mismo tiempo que evidencia débil capacidad para la planeación y el seguimiento de los proyectos.

Durante el proceso de desarrollo de un proyecto de construcción, la elaboración del presupuesto y la programación de obra son muy importantes ya que con esto se puede establecer con anticipación el costo y duración del proyecto; siendo estos últimos factores necesarios para determinar la viabilidad de dicho proyecto.

En Colombia la falta de una buena planeación y programación genera en los proyectos de construcción que los recursos no sean utilizados óptimamente y que en la etapa de ejecución del proyecto existan incrementos en los costos y en tiempos, generando pérdidas para la empresa constructoras. El éxito de un proyecto de construcción depende de diversos factores que se deben tener en cuenta, como el hecho de analizar el comportamiento del entorno económico del país y el conocimiento del negocio antes de adquirir el lote; lo que significa que el problema comienza desde antes de la ejecución de los diseños con sus respectivos estudios técnicos y de la propia ejecución de la construcción.

Estos problemas suelen suceder cuando una empresa constructora no posee una técnica en la cual revisen los procesos de construcción de principio a fin durante el periodo previo a la ejecución, en donde se identifican obstáculos antes de construir el proyecto para evitar errores asociados a demoras y sobrecostos.

Actualmente la productividad está muy asociada a la construcción, el cual es un sistema caracterizado por la transformación de insumos y recursos en productos deseados. En la construcción los principales recursos que se utilizan son mano de obra, materiales, maquinaria y

equipo; además del factor tiempo el cual es importante saber manejar al momento de ejecutar una obra.

Aunque el sector de la construcción para el año 2016 representó el 6% del crecimiento del PIB del país, la productividad es baja de acuerdo a los estándares internacionales; esto debido en parte a los problemas de planeación de los proyectos de construcción por parte de las empresas constructoras y encargadas de los diseños. Si la información es deficiente o incompleta, siempre existirán espacios para que haya incumplimientos, alegaciones y reclamaciones porque la entidad no está blindada para exigir el cumplimiento de las obligaciones de los contratos por parte de los contratistas.

La falta de experiencia en construcción por parte de la empresa diseñadora, el rechazo a destinar recursos adicionales en la etapa de planificación, déficit de experiencia en el trabajo en equipo entre diseñadores y constructores; son algunos de los factores que no permiten que un proyecto de construcción se cumpla como se ha estipulado en la etapa de planeación y se generen costos adicionales y retrasos en la entrega al punto de quedar las obras inconclusas e inservibles para la sociedad.

## 2. Justificación

Son muchas las obras de infraestructura física en el país que se convirtieron en “elefantes blancos”, dejando en evidencia a la ineficiencia, a la poca planeación y a la insuficiente inversión pública para la financiación de los proyectos. Los colombianos tienen que seguir viendo cómo muchos de los proyectos de construcción se vuelven eternos y otros quedan en veremos o en demandas y tribunales de arbitramento, precisamente por los vacíos jurídicos y deficiencias técnicas que deja el Estado al estructurar los diseños y la contratación de muchas obras.

En Colombia para el año 2016 el avance total de las obras planeadas para los sectores de vivienda, transporte, macro proyectos, educación, acueducto y salud fue del 25,4% (Calculos CGR, 2016), esto debido en su mayoría a problemas relacionados con retrasos e incumplimientos con las fases de entrega de las construcciones.

Para garantizar el ciclo normal y eficaz de una obra es importante el cumplimiento de la programación de obra durante las diferentes etapas del proyecto como lo son la planeación, la organización, la dirección y el control; de estas depende el verdadero éxito del proyecto, verificando además un aspecto muy importante como el presupuesto de la obra.

En Colombia son numerosas las obras que se retrasan o quedan inconclusas por falta de una buena planeación o deficiencia en los estudios y diseños de las mismas, para el año 2016 se registró un número de 83 construcciones en todo el país, las cuales llevan años sumidas en atrasos e irregularidades.

La Secretaria de Transparencia de la Presidencia tiene registros que son 24 las obras de infraestructura vial comprometidas, adicional a esto los complejos deportivos son el segundo tipo de obra que más presentan retrasos con un registro de 11 casos, La mayoría de los proyectos cuestionados identificados están en Bogotá, donde hay 18.

El deprimido de la 94 es una de las obras en Bogotá que por la falta de una buena planeación se presentaron retrasos de la obra que fue anunciada desde el 2005, y que apenas fue entregada el miércoles 22 de marzo. Según la directora del IDU Yaneth Mantilla, quién fue la encargada de dirigir la finalización de la obra, uno de los aprendizajes en este caso es que no se puede contratar un proyecto sin haberlo estudiado hasta etapas de factibilidad (Semana, 2017).

"En el país, en Bogotá, no se puede empezar a construir si no se diseña en detalle, si no se sabe cómo se va a hacer la vía, cuáles son los riesgos, etc. Si todo se tiene planeado, reducen los tiempos y los costos. Pero detrás de las obras tiene que haber planeación", sostiene la funcionaria. (Semana, 2017)

Otro caso muy común es el de la troncal de TransMilenio por la Calle 26, la cual después de dos años de atrasos en las obras empezó su funcionamiento con solo 2 de las 14 estaciones que se planearon entregar; esto debido a una mala planeación del proyecto (Redaccion Bogota, 2012)

Todos estos retrasos afectan no solo la movilidad de la ciudad sino que generan sobrecostos por los cuales debe responder el Distrito; siendo Bogotá la capital del país, estos problemas afectan de una manera directa o indirecta al país, debido a que si no se tiene la infraestructura vial adecuada el sector del transporte tanto de personas como de materias primas se verá gravemente afectado en conjunto con la economía del país.

En la industria de la construcción la deficiencia en la productividad depende principalmente de variables como la mano de obra, diseños y administración. Del 10% al 15% de pérdidas son responsabilidad de la mano de obra, los diseños generan una pérdida del 20% al 25% y la administración corresponde del 50% al 55% de las pérdidas (Arce Manrique, 2009), esto nos indica que la administración es el principal contribuyente con más de la mitad en las pérdidas de productividad de un proyecto, y es allí en donde se genera la planeación y donde se evalúa la etapa de factibilidad del proyecto, teniendo en cuenta que los diseños también son parte fundamental para evaluar la factibilidad del proyecto.

La constructabilidad es una metodología para lograr mejoramientos en la gestión de proyectos de construcción, la cual captura los conocimientos operacionales no solo para aplicarlos en la etapa de construcción sino para aplicarlos en las etapas más tempranas y de niveles estratégicos como en las etapas de planificación y de diseño.

La investigación planteada busca determinar de qué manera se puede implementar el concepto de constructabilidad en los proyectos de construcción de infraestructura vial en Bogotá, para mejorar la productividad del sector construcción en la ciudad y en futuro en el país.



### **3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Identificar las principales problemáticas de la gestión en la construcción de obras de infraestructura vial en Bogotá, proponiendo acciones que ayuden a la mejora de los procesos de planificación y ejecución de un proyecto mediante la implementación de los principios de constructabilidad.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar las principales causas que originan el incumplimiento de las obras, y proponer herramientas que contribuyan a la disminución de los atrasos en las obras de infraestructura vial en Bogotá.
- Conocer la situación actual de las empresas con respecto al conocimiento y las barreras de implementación del concepto de constructabilidad como herramienta de gestión para los procesos de diseño y planificación en un proyecto de infraestructura vial en Bogotá.
- Proponer recomendaciones de mejora a las prácticas correspondientes en las etapas de diseño e ingeniería según los principios de constructabilidad.

#### 4. Antecedentes

##### **Constructibilidad herramienta para el mejoramiento en la construcción**

Repositorio Institucional UNI	Universidad Nacional de Ingeniería (Lima-Peru)	
Autor: Hector Percy Llanos Calua	Año: 2006	Tomado de: <a href="http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3161">http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3161</a>

Objetivo: Difundir y utilizar la Constructibilidad como una herramienta de mejoramiento en la construcción, mediante el desarrollo una metodología formal de acuerdo a la realidad del país (Lima-Perú), para implementar un programa de Constructibilidad, tanto a nivel de empresa como a nivel de proyecto.

En este trabajo se habla de una metodología para desarrollar la Constructibilidad mediante unos pasos necesarios para la implementación eficaz de ésta, la metodología brinda un juego de 16 herramientas útiles para implementar el programa a nivel de empresa o de un proyecto. La Constructibilidad tiene diferentes campos de aplicación, factibilidad, diseño, licitación adquisición de materiales y durante la construcción; la mayor influencia en el costo y ejecución de un proyecto se evidencian cuando se aplican los conceptos de Constructibilidad en las etapas iniciales de un proyecto. El trabajo presenta una descripción de las experiencias realizadas en otros países sobre la aplicación de la Constructibilidad, referidos a los costos y beneficios de esta técnica.

Este trabajo guarda relación con esta investigación es que también se busca implementar la Constructibilidad como una metodología para las empresas constructoras o en un proyecto de construcción, buscando la eficacia en todas las etapas del proyecto específicamente en las etapas iniciales como en el diseño y planeación del proyecto.

## La ingeniería de valor y Constructibilidad en los proyectos de construcción

Universidad de Cuenca	Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echavarría	
Autor: Sandra Gabriela Tenecota Nieves	Año: 2006	En línea, Disponible en: <a href="http://cdjbv.ucuenca.edu.ec/ebooks/ti749.pdf">http://cdjbv.ucuenca.edu.ec/ebooks/ti749.pdf</a> , Consultado el 27 de

Objetivo: Diagnosticar la situación ecuatoriana sobre los temas de ingeniería de valor y Constructibilidad; buscando información sobre procedimientos y metodologías sobre los temas de ingeniería de valor y Constructibilidad que existen en Ecuador.

Se habla del concepto de Constructibilidad el cual hace referencia al esfuerzo conjunto de todas las partes interesadas e involucradas en el proyecto, para lograr que lo que está planeado sea fácilmente construible basado en una optimización del sistema de costos, plazos, calidad, consumos, mantenimiento y seguridad. La Constructibilidad es una práctica muy eficiente para lograr mejoramientos en la dirección de proyectos de construcción, en donde se adoptan los conocimientos operacionales no solo para aplicarlos en la etapa de construcción, sino principalmente para aprovecharlos en las etapas más tempranas y de niveles estratégicos como en las etapas de planificación y de diseño. En este trabajo se realiza un diagnóstico de la situación ecuatoriana en cuanto a los temas de ingeniería de valor y Constructibilidad a partir de la realización de encuestas a profesionales de la construcción en los cuales se encontraron diseñadores, contratistas, inversionistas, esto con el fin de obtener un criterio que incluya los diferentes puntos de vista de las partes que intervienen en el proceso inversionista. Los resultados de estas encuestas arrojaron que el 100% de los encuestados considera que la ingeniería de valor y la Constructibilidad deben ser considerados en la parte de planificación; además se analiza que no existe un procedimiento o metodología que obligue a que se aplique las técnicas de ingeniería de valor y Constructibilidad.

Este trabajo tiene relación con esa investigación ya que se busca evaluar y diagnosticar los principales problemas que se presentan en la ejecución de un proyecto de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta también las etapas de planificación de dicho proyecto, y así mismo poder implementar en el sector de la construcción los conceptos de Constructibilidad para mejorar los procesos de planeación y construcción de un proyecto.

## Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles

Revista Ingeniería de Construcción	Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (Venezuela)	
Autores: Zulay Gimenez Palavicini, Carlos Suarez Isea	Año: 2008	En línea, Disponible en: <a href="https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732008000100001">https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732008000100001</a> , Consultado el 27 de junio del 2017

Objetivo: Realizar un diagnóstico de las empresas de edificación que operan en la ciudad de Barquisimeto, Venezuela, para conocer el grado de aplicación de los conceptos de constructabilidad y reconocer las barreras para la implementación de dichos conceptos y la disposición de la alta gerencia para adoptar la metodología.

El proceso de Constructibilidad ha sido estudiado por el CII (Instituto de la Industria de la Construcción), y ha generado conceptos que aportan mejoras en todas las etapas de la gestión de proyectos constructivos, además de una metodología para la implementación exitosa de la constructabilidad en las empresas. En el trabajo se realizó un estudio de la realidad interna de las empresas en cuanto a aspectos como la programación y planificación, dificultades en obra, abastecimiento, características del personal, uso de optimización y facilidades tecnológicas, que forman parte de la gestión cotidiana de la construcción. Los resultados que arrojó la investigación son el alto grado de desconocimiento del término constructabilidad al igual que el desconocimiento de los beneficios que trae su implementación; también se observó la gran disposición de las empresas en adoptar la metodología para la optimización de sus procesos.

La relación con esta investigación es que aquí también se busca identificar el grado de aceptación por parte de las empresas constructoras en Bogotá de la Constructibilidad como metodología para optimizar sus procesos.

## Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM,

Repositorio Academico UPC	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	
Autores: Jaime Espinoza Rosado, Roberto Martin Pacheco Echavarría	Año: 2014	En línea, Disponible en: <a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/332303/1/ESPINOZA_RJ.pdf">http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/332303/1/ESPINOZA_RJ.pdf</a> , Consultado el 25 de junio del 2017

Objetivo: Identificar los beneficios de aplicar Constructabilidad y BIM en etapas de pre-construcción de un proyecto. Analiza e identifica los defectos en un proyecto por medio de la aplicación de la Constructibilidad y BIM.

Actualmente la industria de la construcción en Perú está creciendo de manera acelerada, y con esto el sector debe enfrentar problemas como incumplimiento de los plazos y sobrecostos, baja productividad, insuficiente calidad, entre otros. La mayoría de estos problemas son atribuibles a una ineficiente gestión desde etapas tempranas y a una inadecuada planificación y control del proyecto. Nuevas tecnologías presentes en el mercado ofrecen algunas herramientas para mitigar estos problemas, disminuyendo los costos, los plazos y mejorando la calidad de los trabajos; una de estas herramientas es BIM (Building Information Modeling). Este trabajo se basó en identificar los beneficios derivados de realizar una coordinación digital en etapas tempranas del proyecto utilizando conceptos de Constructibilidad y tecnologías BIM, para lograr esto la propuesta de mejora en este trabajo se centra en la etapa de pre-construcción donde se analizan los factores que afectan la Constructibilidad mediante el uso de herramientas BIM.

La relación que tiene este trabajo con la investigación es que lo que se busca es aplicar los conceptos de la Constructibilidad a la etapa de pre-construcción de un proyecto, enfocándose en el diseño y planificación de éste, pues es en esta etapa en donde se presentan los principales problemas para que en una obra de ingeniería se presenten retrasos y sobre costos a lo largo del proceso constructivo.

## **Análisis de los problemas de constructabilidad en proyectos de edificación aplicados a la etapa de diseño e ingeniería**

Repositorio Institucional UPB	Universidad Pontificia Bolivariana	
Autores:Denny T. Rondon V., Gustavo A. Muñoz T.	Año: 2013	En línea, Disponible en: <a href="https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/972">https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/972</a> , Consultado el 25 de junio del 2017

Objetivo: Realizar un análisis de los problemas de Constructibilidad en proyectos de edificación aplicados a la etapa de diseño e ingeniería. Analizar las causas asociadas a los problemas de Constructibilidad considerando los conceptos que sobre el tema se han desarrollado en la industria de la construcción. Proponer recomendaciones de mejora correspondientes a las etapas de diseño e ingeniería.

En esta investigación se identificaron los problemas típicos de Constructibilidad en proyectos de edificación de viviendas de una constructora en particular y adicionalmente se analizaron las causas asociadas a dichos problemas. También se desarrolló una propuesta metodológica para la recolección de la información con el fin de analizar los datos obtenidos y poderlos clasificar en una estructura de WBS, posteriormente se elaboró una lista de chequeo que involucra el tema de Constructibilidad, la cual se puede aplicar a cualquier proyecto de vivienda. En esta investigación se pudo concluir que al aplicar la Constructibilidad en un proyecto genera mejoramiento en las etapas de planeación y diseño, lo cual garantiza mayor eficiencia en cuanto a calidad, costos y programación durante la construcción del proyecto.

La relación del trabajo con esta investigación es que se busca identificar los problemas típicos en proyectos de infraestructura vial a su vez identificar las causas de dichos problemas; para luego poder implementar una metodología que abarque los conceptos de Constructibilidad y poder analizar las diferentes ventajas que esto podrá traer en el desarrollo de un proyecto.

## 5. Marco teórico

Una monografía es un trabajo escrito basado en el estudio minucioso de un tema específico el cual se describe y comunica (Torres, 2013).

La monografía sirve para evaluar la capacidad del auto para trabajar científicamente, ya que aprende a:

Delimitar un problema.

Investigar, reunir la información adecuada, analizarla y clasificarla.

Evaluar la información con espíritu crítico

Comunicar por escrito el conocimiento adquirido durante la investigación

Este trabajo es una monografía de compilación, en donde se analizó lo expuesto por otros autores sobre el tema propuesto. Se exponen distintos puntos de vista y luego de una exhaustiva revisión se dará una visión personal del tema.

La gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente. Se trata de una competencia estratégica para organizaciones, que les permite vincular los resultados de un proyecto con las metas comerciales para posicionarse mejor en el mercado. (PMI, 2013).

La gestión de proyectos intenta conseguir una planificación coherente con los objetivos estratégicos de la organización y del propio proyecto, igualmente que la ejecución de estos se acerque a la planificación, supere las circunstancias cambiantes del medio y del día a día (Arce Labrada & Lopez Sierra, 2010).

La gestión de proyectos se enfoca en controlar la introducción del cambio deseado, lo que implica comprender las necesidades de los grupos de interés, planificar que se necesita hacer, cuando, por quien y bajo que estándares; crear y motivar al equipo; coordinar el trabajo de diferentes personas; monitorear el trabajo que se realiza; gestionar cualquier cambio del plan; alcanzar resultados satisfactorios (APM, 2013)

Como disciplina, la gestión de proyectos desarrolló varios campos de aplicación, entre las cuales se encuentra la construcción civil, la ingeniería, la defensa pesada. Los años 50 marcaron el

comienzo de la era de gestión moderna de proyectos donde varios campos fundamentales de ingeniería comenzaron a trabajar como uno. La gestión de proyectos se reconoció como una disciplina única que emergía con modelos de la ingeniería (Cleland & Gareis, 2006).

La gestión de proyectos ha evolucionado a lo largo de los siglos, pasando de una forma rudimentaria de gestión de proyectos a un sofisticado proceso que ha sido definido en la literatura y promovido por las principales asociaciones profesionales de todo el mundo: el Project Management Institute (PMI) La Asociación Internacional de Gestión de Proyectos (IPMA) con sus asociaciones nacionales, el Foro de Gestión de Proyectos de Japón y el Instituto Australiano de Gestión de Proyectos.

Algunos autores de la literatura de gestión de proyectos concuerdan en que la gestión de proyectos se trata de establecer y después alcanzar objetivos de tiempo, costo y desempeño. Algunos autores también incluyen la variable de riesgo, pues la necesidad económica conduce cada vez más a los proyectos hacia estados de riesgo más alto (Wallace, 2014)

La constructabilidad es un ejemplo de una técnica para guiar el proceso de gestión de un proyecto de construcción desde las primeras etapas del proyecto.

El concepto de constructabilidad surgió a finales de los años setenta, por la necesidad de integrar los conocimientos de ingeniería, construcción y operación, y así aumentar la eficiencia de costos, aumentar la calidad y lograr de una mejor manera los objetivos de un proyecto de construcción. Este concepto inicialmente se desarrolló en Estado Unidos y en el Reino Unido, posteriormente en Australia, en donde sus estudios demostraron que la constructabilidad puede mejorar significativamente en la reducción de costos y en los tiempos requeridos para culminar un proyecto de construcción. (Mohd Nawi, y otros, 2009). Las bases de la constructabilidad se establecieron por el Instituto de la Industria de la Construcción (CII).

La constructabilidad es la integración del conocimiento de construcción en el proceso de gestación del proyecto equilibrando las varias condicionantes ambientales (externas) y del proyecto (internas) para cumplir los objetivos y obtener un rendimiento de edificio de óptimo nivel. (Construction Industry Institute Australia (CIIA), 1996).



La construcción de una obra es básicamente un sistema productivo, por lo tanto debe ser administrado. Es necesario planear, coordinar, dirigir, organizar y controlar las actividades del proceso de elaboración de una obra (Arce Manrique, 2009).

La CII emitió un concepto de constructabilidad más amplio aportando mejoras en todas las etapas de la gestión de proyectos constructivos, así mismo una metodología para la implementación exitosa de la constructabilidad para todas las empresas que con motivación deseen innovar sus conceptos de gestión y puedan ser más productivas y sustentables. Los países que han empleado la constructabilidad han logrado buenos resultados en el ámbito constructivo y han mejorado los procesos en las diferentes etapas del proyecto, logrando cumplir con la programación de obra estipulada sin retrasos (Gimenez & Suarez, 2008).

La constructabilidad es un programa de gestión integral de mejoramiento continuo en el área de la construcción, el cual tiene como finalidad lograr que el proyecto se desarrolle como tal, que no tenga ni imprevistos ni fallas durante la etapa de ejecución, buscando concentrar los conocimientos de la construcción en las etapas iniciales del desarrollo de un proyecto, como en la planeación, diseño, abastecimiento, innovación, métodos constructivos, entre otros; haciendo que sea más fácil su construcción y más factible su ejecución (Gimenez & Suarez, 2008).

Las empresas con programas formales de constructabilidad probablemente tendrán una construcción rentable en sus proyectos debido en parte a un mayor trabajo en equipo y comunicaciones. Para obtener el máximo beneficio del programa de constructabilidad, debe introducirse al principio del proyecto y continuar a lo largo de las fases de diseño y construcción (Construction Industry Institute (CII), 2016).

Cuando se habla de cumplir las metas y objetivos de un proyecto, están asociados los términos de eficiencia y eficacia. Una organización o proyecto es eficaz siempre y cuando cumpla una finalidad y logre sus metas; la eficiencia es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos, es decir el uso eficiente de estos. Un proyecto de una obra de construcción puede ser eficaz al conseguir sus metas y objetivos; sin embargo se debe tener en cuenta la manera en que se realizó la obra, es decir, la manera como se usaron los recursos para llegar al producto final (Arce Manrique, 2009).

El CII publico el material: Constructability Implementation Guide, en donde se habla de 19 herramientas para la implementación de los programas de constructabilidad; esta guía está destinada a propietarios, diseñadores y personal de la construcción haciendo un particular énfasis en los propietarios. En esta guía se presentan 17 conceptos de constructabilidad y las barreras más comunes al momento de la implementación de los programas de constructabilidad. (Gimenez & Suarez, 2008).

Existe un modelo para seleccionar un enfoque para la implementación de la constructabilidad, el cual se puede implementar de manera formal o informal. La investigación para esta metodología se basa en tres enfoques:

enfoque informal;

nivel de proyecto formal;

seguimiento integral.

El modelo consiste en una jerarquía de niveles de decisión en donde existen tres pasos:

Evaluación individual de las características del propietario y del proyecto que da como resultado una conclusión formal o informal.

Combinar las características del propietario y del proyecto en una sola conclusión de informal o formal.

Si se firma formal, una decisión de si se trata de un seguimiento formal a nivel del proyecto o integral.

Para evaluar las características del propietario y del proyecto se deben tener en cuenta un número de variables.

Las características del propietario consisten cuatro variables: (1) Tipo de propietario, (2) Objetivos, (3) Experiencia interna, (4) Recursos de constructabilidad.

Las características del proyecto tienen en cuenta seis variables: (1) Tipo de construcción, (2) Estrategia de contratación, (3) Tamaño del proyecto, (4) Dificultad técnica, (5) Ubicación, (6) Peculiaridades.

Este modelo planteado puede ayudar a los propietarios a determinar con eficiencia los medios adecuados para incorporar el conocimiento y la experiencia en construcción en los diseños de los proyectos (Gugel & Russell, 1994).

Los beneficios de implementar un programa de constructabilidad se ven ampliamente reconocidos por sus ahorros de tiempo y costo, y por las mejoras en la calidad de la construcción. Para obtener los máximos beneficios la constructabilidad debe ser iniciada en las etapas más tempranas durante la planificación conceptual del proyecto. Es necesaria la integración en las primeras etapas de la planificación del proyecto de personal de construcción experimentado como miembros de pleno derecho del equipo del proyecto, esto para mejorar en gran medida las posibilidades de lograr un proyecto de calidad, completado de manera segura y a un buen costo (The Construction Management Committee of the ASCE Construction Division, 1991).

La constructabilidad hace referencia a la integración efectiva y oportuna del conocimiento de la construcción en la planificación conceptual, el diseño, la construcción y las operaciones sobre el terreno de un proyecto para alcanzar los objetivos generales del proyecto en el mejor tiempo y precisión posible a los niveles más rentables (Construction Industry Institute (CII), 2012).

Para ejecutar un programa de constructabilidad es necesario utilizar las herramientas del esquema de implementación desarrollado por la CII, el cual ofrece una guía en la planificación, desarrollo y ejecución del programa, y está destinado para que lo utilicen los propietarios, diseñadores y contratistas.

La capacidad de construcción dentro de una organización puede ser implementada a nivel de organización y de proyecto.

El programa a nivel empresarial se implementa con el objetivo de mejorar la capacidad de construcción de la empresa en general, esto con el fin de lograr mayores beneficios ya sean económicos o de reputación. Implementar este tipo de programa implica compromiso por parte del propietario y gerente con los conceptos de constructabilidad, realizar autoevaluaciones identificando barreras, reconocer y evaluar los beneficios de constructabilidad, desarrollar una política de implementación, comprender y comunicar objetivos, métodos, conceptos y barreras de construcción a todos los niveles de equipo de la organización. Este programa debe ser guiado por una persona responsable y experto en la construcción (Construction Industry Institute (CII), 2012).

El establecimiento de un programa a nivel de proyecto implica comprender y comunicar objetivos, métodos, conceptos y barreras de construcción a todos los niveles de equipo del proyecto. Obtención de capacidades de constructabilidad, establecer los objetivos del proyecto mediante constructabilidad, identificar y abordar la barrera del proyecto (Construction Industry Institute (CII), 2012).

El compromiso con la constructabilidad es responsabilidad de todo el equipo; las empresas deben evaluar su actual programa de constructabilidad, identificar las barreras, eliminar las barreras y proponer métodos para superar los obstáculos a la constructabilidad y evaluar los rompedores de barrera preferibles (Construction Industry Institute (CII), 2016).

### **Barreras para la implementación de un programa de constructabilidad**

Una "barrera" a la constructabilidad es cualquier agente significativo que impida la implementación efectiva del programa de constructabilidad. Existen barreras entre propietarios, diseñadores y constructores, y pueden dividirse en cuatro categorías: barreras culturales, barreras procesales, barreras de concientización y barreras de incentivos. Una vez que las barreras son identificadas, pueden ser mitigadas o superadas (Construction Industry Institute (CII), 2016)

“La constructabilidad es en parte un reflejo de la calidad de los documentos de diseño. Es decir, si los documentos de diseño son difíciles de entender e interpretar, el proyecto será difícil de construir” (Gambatese, Hinze, & Behm, 2005).

Para que la implementación de la constructabilidad sea exitosa, se deben dejar en claro los objetivos prioritarios del proyecto y permitir que la constructabilidad sea valorada como un atributo del rendimiento del mismo. Es muy importante tener en cuenta que las decisiones tomadas en las primeras etapas del ciclo de vida del proyecto, tienen un potencial de influencia sobre el resultado final del mismo. Por tal razón es de vital importancia la toma de decisiones en la factibilidad, diseño, abastecimiento y construcción desde el primer momento (McGeorge & Palmer, 2002).

Dentro de las barreras para la implementación de la constructabilidad se encuentran:

- Complacencia con el estado actual.
- Rechazo para invertir dinero adicional en la etapa de planificación
- Falta de experiencia en construcción por parte de la firma diseñadora

- Falta de mutuo respeto entre diseñadores y constructores
- Requisitos constructivos que no son tenidos en cuenta como valor
- Falta de comunicación entre diseñadores

### **Beneficios de la implementación de un programa de constructabilidad**

Los beneficios que se pueden evidenciar con la implementación eficaz de un programa de constructabilidad son la reducción en el costo total del proyecto en un promedio de 4.3%, reducción en la duración general del proyecto en un promedio de 7.5%, mejora la calidad del proyecto (mantenibilidad, confiabilidad y operabilidad), mejoramiento de la seguridad y el impacto medioambiental del proyecto, minimiza la reelaboración y reprogramación del proyecto (Construction Industry Institute (CII), 2012).

Las ventajas de la aplicación de un programa de constructabilidad son evidentes por sí mismas y que sus principios se identifican con los de un buen equipo de trabajo multidisciplinar. La constructabilidad trata la gestión del despliegue de recursos para lograr unos resultados óptimos; lo que implica una buena comunicación entre los miembros del equipo, los cuales deben estar preparados para desarrollar su papel en la gestión del proyecto desde que inicia hasta que termina.

### **Principios de la constructabilidad**

- **Integración:** La constructabilidad debe ser una parte integral del proyecto, debe ser vinculada en cada etapa para ver su importancia y aplicarla con mayor empeño. También se deben integrar cada etapa entre sí para establecer objetivos y metas comunes.
- **Conocimiento constructivo:** El plan a seguir en el proyecto debe contar con conocimiento y experiencia constructiva en todas las etapas, desde los inicios hasta la concepción de este.
- **Equipo experto:** El equipo a utilizar debe ser experto con amplia experiencia en su labor, para así lograr un buen trabajo y transmitir confiabilidad.

- **Objetivos comunes:** Cuando el equipo de trabajo logra conseguir el entendimiento del cliente y asumir en todas las partes del proyecto objetivos iguales, se genera un aumento de constructabilidad.
- **Recursos disponibles:** La tecnología de la solución diseñada debe ser contrastada con los recursos disponibles, como también la creación y concepción del proyecto y diseño.
- **Factores externos:** Indagar en todos los factores que puedan afectar el costo y/o el programa del proyecto, esto para evitar problemas que a corto o largo plazo puedan ser altamente perjudiciales.
- **Programa:** El programa global del proyecto debe ser realista, apuntando a lo realizable, sensible a la construcción y tener el compromiso pleno del equipo del proyecto.
- **Métodos constructivos:** Previo al proyecto de diseño se debe considerar el método constructivo a adoptar, con el fin de crear una pauta y lograr fijar un objetivo común en el equipo de trabajo, así evitando las improvisaciones que pueden generar una serie de errores.
- **Asequible:** La constructabilidad será mayor si se tiene en cuenta una construcción asequible en la fase de diseño y construcción.
- **Especificaciones:** La constructabilidad se genera cuando se considera la eficiencia constructiva en el desarrollo, adoptando las especificaciones como un manual a seguir para cada proyecto de construcción.
- **Innovaciones constructivas:** Cada innovación ya sea tecnológica o constructiva, logrará una mejora en la productividad.
- **Retroalimentación:** Cuando el equipo realiza un análisis post-construcción, para indagar en errores, problemas o fortalezas, se aumenta la constructabilidad.

## **Aplicación de la constructabilidad en las etapas de un proyecto**

Los conceptos básicos de constructabilidad están desarrollados dentro de dos grandes etapas de un proyecto de construcción (Construction Industry Institute (CII), 1993). La primera, es la planificación conceptual de un proyecto. La segunda, la etapa de diseño y adquisiciones. Finalmente, Serpell (1993) propone su aplicación en la etapa de construcción, para lograr mayor eficiencia en las operaciones y procesos (Martinez, Gonzales, & Da Fonseca, 2009).

- **Planificación conceptual:** Implica definir requerimientos funcionales y de ejecución, evaluar la factibilidad del proyecto y evaluar los criterios para la ingeniería preliminar. Las decisiones hechas en esta fase tienen un gran impacto sobre lo que resta del proyecto, en especial sobre la construcción. Es muy importante que en esta etapa exista un equipo multidisciplinario de profesionales, de lo contrario se perdería el sentido para el cual se implementa la constructabilidad (Martinez, Gonzales, & Da Fonseca, 2009).
- **Etapa de diseños y adquisiciones:** En esta fase se toman muchas de las decisiones que afectaran en un futuro a la ejecución física de un proyecto como por ejemplo, estandarización; prefabricación; modularización; simplicidad; especificaciones y planos adecuados; selección de materiales; accesibilidad de personal, de materiales, de equipos, entre otros. En resumen, puede decirse que en esta etapa, es muy necesaria la opinión de todos los profesionales del área de la construcción (ingenieros de diseño y producción y/o arquitectos) (Martinez, Gonzales, & Da Fonseca, 2009).
- **Fase de construcción:** Está orientada a mejorar la eficiencia de los procesos, aplicando métodos innovadores para construir, buena planificación de mediano y corto plazo, toma de decisiones inmediatas de distinto orden, mantener un buen control sobre todas las actividades, entre otras medidas (Martinez, Gonzales, & Da Fonseca, 2009).

El impacto de decisiones robustas y confiables en etapas preliminares de un proyecto, tiene un mayor potencial de impacto sobre los resultados de un proyecto, que aquellas decisiones tomadas durante la ejecución del proyecto (Gibson, Kaczmarowsky, & Lore, 1995).

Dentro de un proyecto la participación del conocimiento y experiencia en construcción en todas las etapas preliminares ayudan a una operación más eficiente y eficaz durante la etapa de construcción, para así prever problemas que puedan ocurrir en la obra para así tomar las medidas necesarias para proporcionar soluciones de manera anticipada, es decir en las etapas de planeación y diseño.

La constructabilidad es una práctica muy eficiente para lograr una mejora en la gestión de proyectos de construcción, la cual captura conocimientos operacionales, los cuales no solo se aplican en la etapa de construcción sino en etapas de inicio y de niveles estratégicos. (Tapia Garcia, 2012).

### **Herramienta Gerencial**

Se entiende por herramientas gerenciales a los procedimientos que se desarrollan para optimizar el uso de los recursos de las empresas y organizaciones que pretenden ser competitivas (Osorio, 1998). La herramienta gerencial utilizada para el desarrollo de este trabajo es el Benchmarking.

El benchmarking es una herramienta de análisis de los procedimientos, de las estadísticas, de los productos y de los servicios en un entorno de un competidor, un socio u otro departamento de la misma empresa (en50minutos.es).

El benchmarking es un método de análisis del rendimiento y de reingeniería, en donde se hace una reconcepción del modo de funcionamiento de una empresa. Esta herramienta se fundamenta en descubrir y estudiar en los mejores lo que se hace mejor, con respecto a procesos de producción, entrega, de calidad, de elección de proveedores, entre otros; para luego reflexionar en la forma de aplicarlo con la mayor eficacia posible en su propia organización.

David T. Kearns, Director General de Xerox Corporation, define el benchmarking como el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores reconocidos como líderes en su sector.

### **Éxito del Benchmarking:**

- Búsqueda del cambio
- Orientación a la acción



- Apertura frente a nuevas ideas
- Concentración en la mejora de las prácticas
- Disciplina
- Adecuada coordinación de recursos y esfuerzos

Este trabajo utiliza esta herramienta, ya que se comparan los resultados que ha tenido la aplicación de un programa de constructabilidad en otros países como Estados Unidos, Australia, México y Perú; con respecto a los posibles resultados que podría tener este programa en el país, específicamente en la ciudad de Bogotá.

La línea de investigación de este trabajo es la de **Desarrollo Económico Con Calidad de Vida**: Se soporta sobre cuatro componentes, los cuales son: **el filosófico, el matemático, el económico y el social**. Estos componentes a su vez encuentran su función ética y solidaria en: la justicia, la libertad, la igualdad, la democracia, el bienestar, la productividad y la competitividad.

## 6. Marco conceptual

**Constructabilidad:** Es el aprovechamiento óptimo de los conocimientos y la experiencia en materia de construcción en la planificación, el diseño, la adquisición y las operaciones sobre el terreno para lograr los objetivos generales del proyecto

**Factibilidad:** Instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto. Se formula con base en información que tiene la menor incertidumbre posible para medir las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, apoyándose en él se tomará la decisión de proceder o no con su implementación.

**Gestión integral:** Es la gestión empresarial que se preocupa por la planificación, administración de los recursos humanos, físicos y monetarios, destinados a transformar una decisión de inversión en una realidad física operativa logrando la optimización de recursos.

**Infraestructura vial:** Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias de carácter rural o urbano de dominio y uso público y privado.

**Planificación conceptual:** Implica definir requisitos funcionales y de desempeño, evaluar la viabilidad del proyecto y estudiar los criterios para la ingeniería preliminar.

**Productividad:** Forma de medir la eficiencia de la producción, se puede definir como la relación entre la producción de un periodo y la cantidad de recursos para alcanzarla.

**Viabilidad:** Probabilidad que existe de llevar aquello que se pretende o planea a cabo, de concretarlo efectivamente, Un proyecto es viable cuando puede ser sostenible, rentable económicamente.

## **7. Marco legal**

### **Guía para el Diseño de Vías Urbanas para Bogotá D.C.**

Es un documento desarrollado por la Corporación Andina de Fomento, el Instituto de Desarrollo Urbano y la Universidad Nacional de Colombia, enfocado en la búsqueda de proyectos de alta calidad técnica. La meta principal del documento es establecer procedimientos y criterios coherentes, secuenciales, dinámicos e integradores, que permitan generar diseños que incluyan a peatones, ciclistas, transporte público y vehículos particulares de una forma segura.

### **ISO 21500 del 2012**

Esta Norma Internacional proporciona orientación sobre los conceptos y los procesos relacionados con la dirección y gestión de proyectos que son importantes, y tienen impacto en el desempeño de los proyectos. Proporciona orientación para la dirección y gestión de proyectos y puede usarse por cualquier tipo de organización, ya sea pública, privada, u organizaciones civiles sin ánimo de lucro; y para cualquier tipo de proyecto, con independencia de su complejidad, tamaño o duración. Además proporciona una descripción de alto nivel de conceptos y procesos que se consideran que forman parte de las buenas prácticas en dirección y gestión de proyectos. Los proyectos se ubican en el contexto de programas y carteras de proyectos, no obstante, esta norma no proporciona una orientación detallada para la gestión de programas y de carteras de proyectos. Los temas relativos a la gestión general se mencionan solamente en el contexto de la dirección y gestión de proyectos.

## **8. Metodología**

Para cumplir con los objetivos previstos se realizara un análisis de fuentes secundarias, materializado en este trabajo. Se ha realizado una revisión vía internet de fuentes secundarias como revistas, trabajos de investigación y demás documentos de ámbito nacional e internacional, en materia de aplicación de la constructabilidad. La prospección e identificación de las fuentes secundarias disponibles respecto a cada uno de los motivos por los cuales existen atrasos y sobre costos en las obras se ha regido por una serie de criterios específicos:

Motivos de incumplimiento en la programación de la obra, si se trata de fuentes que analicen las causas principales del incumplimiento en las obras con carácter general o por motivos específicos.

Alcance de las fuentes: la prospección e identificación de las fuentes se ha dirigido fundamentalmente a las de alcance nacional e internacional.

Prioridad de las fuentes, entendiendo que el trabajo tendrá en cuenta la información generada hasta la fecha de su elaboración, es necesario tener en cuenta las fuentes y estudios según su prioridad y regularidad.

En paralelo a la prospección y selección de fuentes sobre la aplicación de la constructabilidad se realizara un diagnostico aproximado del conocimiento del concepto de la constructabilidad en Colombia que complementa y permite poner en contexto el análisis de fuentes secundarias. Este análisis diagnostico ha consistido en:

Una revisión documental y estadística, Se procederá a la revisión del estado de la cuestión partiendo de los informes e investigaciones de organismos que trabajan en el ámbito de la interventoría a obras de construcción en el sector vial en la ciudad de Bogotá, de los datos de carácter público y otros estudios de carácter académico sobre esta problemática, en cada uno de los motivos de incumplimiento contemplados.

La fase final de este estudio consistirá en un análisis de la información recogida, el análisis supondrá la realización de:

Un estudio comparativo de distintas fuentes por motivos de las causas de incumplimientos, aplicación del concepto de constructabilidad, periodicidad y adecuación, con una visión individual y de conjunto.

Un análisis general para el conjunto de fuentes seleccionadas que permitirá extraer conclusiones y recomendaciones globales acerca del estudio de la implementación de la constructabilidad en otros países y con vista a la implementación de esta metodología en Colombia.

Las fuentes que se analizarán son documentos académicos desarrollados en Colombia y en diferentes países de Latinoamérica aplicando la constructabilidad en los procesos constructivos de una obra. Los documentos son:

- Análisis de los problemas de constructabilidad en proyectos de edificación aplicados a la etapa de diseño e ingeniería. (Bucaramanga, Colombia).
- La Constructibilidad y su administración en empresas de infraestructura en México (México D.F.)
- Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles. (Venezuela)
- La ingeniería de valor y constructabilidad en los proyectos de construcción. (Cuenca, Ecuador)
- Constructibilidad herramienta para el mejoramiento en la construcción. (Lima, Perú)

A nivel nacional se analizarán documentos en donde se evalúan las causas o los factores por las cuales se presentan atrasos en una obra:

1. Documento emitido por la Cámara Colombiana de la Infraestructura, llamado Los factores que afectan el buen desarrollo de las obras en el país.
2. Trabajo de investigación: Identificación de los parámetros determinantes que generan los cambios de gran magnitud en los proyectos de construcción en la ciudad de Bogotá. (Universidad Nacional de Colombia)
3. Efectos de la incertidumbre en la programación de proyectos de construcción de carreteras. (Universidad Nacional de Colombia).

Adicional a esto se realizara una encuesta en donde se buscara saber el grado de conocimiento del concepto de constructabilidad por parte de las empresas constructoras en Bogotá. Teniendo en cuenta que en la ciudad se encuentran 57 empresas constructoras enfocadas en la construcción de obras de infraestructura vial (Camara Colombiana de Infraestructura). La encuesta ira dirigida especialmente a las personas con cargos administrativos o gerenciales dentro de la empresa.

Las preguntas que tendrá la encuesta son:

1. ¿Usted conoce y entiende el término de constructabilidad?
2. ¿El personal corporativo de su empresa conoce y entiende de constructabilidad?
3. ¿El personal de proyectos de su empresa conoce y entiende de constructabilidad?
4. ¿Conoce los beneficios de la implementación de la constructabilidad en obras y empresas constructoras?
5. ¿Conoce la relación costo-beneficio de la implementación de la constructabilidad en su empresa?
6. ¿Estaría dispuesto a ejecutar cambios en la empresa para la implementación de un programa de constructabilidad?

También se realizara una relación entre las principales causas de atrasos e incumplimientos obtenidas del análisis de las fuentes secundarias con las principales barreras que presenta una empresa constructora para la implementación de la constructabilidad.

## **9. Capítulo1: Principales causas de los incumplimientos de las obras.**

Luego del análisis realizado en los documentos consultados se evidenciaron las principales causas de incumplimientos en las obras de infraestructura vial en Bogotá.

La Cámara Colombiana de Infraestructura en el año 2010, analizó los factores que afectan el buen desarrollo de las obras en el país, dentro de los cuales se encuentran:

1. La insuficiencia de estudios y diseños de los proyectos, cuando la información es deficiente o incompleta en la fase de factibilidad, existirán espacios para que hallan incumplimientos por parte de los contratistas.
2. Falta de planeación de la infraestructura, las obras presentan problemas al momento de planeación y ejecución por falta de claridad de la planeación del uso del suelo y a la planeación de la infraestructura en general.
3. Deficiencia en la elaboración de los presupuestos para las obras públicas, cuando se tiene un mayor detalle de los estudios y diseños previos, los imprevistos en las obras serán pocos.
4. Demoras en el cumplimiento de las obligaciones de la gestión social y ambiental en los proyectos, muchas veces decisiones administrativas simples como la autorización del traslado de un árbol o las decisiones para el manejo de los escombros, son tomadas de forma tardía e inoportuna lo que conlleva a retrasos en la ejecución de un proyecto.
5. Demoras en la adquisición de predios para los proyectos, un problema muy común en un proyecto de infraestructura vial es la demora en la gestión de adquisición de predios, esto repercute en los atrasos de las obras viales debido a que el trámite demora más de lo previsto afectando el cronograma de ejecución.
6. Ausencia de coordinación interinstitucional, la capacidad de las entidades contratantes de gestionar decisiones que son competencia de otras entidades del orden distrital es prácticamente nula, esto causa que se vea la necesidad de postergar las actividades del proyecto, su posible encarecimiento y replantear el cronograma de ejecución.
7. Deficiencia en la gestión social con las comunidades, la gestión social previa a las construcciones es deficiente, lo que genera dificultades durante la ejecución del proyecto en la medida en que pueden generar inconformidades sociales de grupos de población, que incluso se pueden transformar en protestas afectando la ejecución del proyecto.

8. Distorsión de las labores de interventoría, han convertido a las interventorías en un simple apoyo administrativo, generando más papeleo y trámites innecesarios en el desarrollo de los proyectos. Las entidades constructoras deben apoyarse en la interventoría para aspectos técnicos, que le generan valor al proyecto y que faciliten su ejecución.

En un artículo publicado por El Espectador, los presidentes de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y de la Cámara Colombiana de la infraestructura analizan los factores que afectan en el desarrollo de las obras de infraestructura.

En el documento anteriormente nombrado los dirigentes indican que antes de la licitación, la entidad pública debe contar como mínimo con la información de ingeniería básica para poder adelantar con la contratación de las obras civiles. Sin embargo en los casos en los que las entidades consideren como alto el riesgo de imprevistos en los proyectos, es absoluto contar con ingeniería fase III.

También hablan que si la información es deficiente e incompleta siempre existirán espacios para que hallan incumplimientos, ya que la entidad no está blindada para que exigir el cumplimiento de las obligaciones de los contratos por parte de los contratistas.

Consideran que algunas obras públicas presentan problemas durante la planeación y ejecución por falta de la claridad que pueda existir al momento de planear una obra, ya sea en el uso del suelo y a la planeación en general.

Un claro ejemplo de la mala planeación en obras en la ciudad de Bogotá es la construcción de la intersección a desnivel (deprimido) de la avenida novena con calle 94, lo que implicó un aumento de costos; esta obra paso de una valoración inicial 85.567 millones de pesos a 166.794 millones de pesos en el año 2014 (Bastidas, 2016).

Un artículo publicado por el periódico El Tiempo se habla sobre una investigación que realizó la Sociedad Colombiana de Ingenieros, el cual presento un informe sobre los atrasos que presentan las obras del plan vial del Distrito.

Como causa principal de los atrasos se señalan las demoras en la definición de los diseños, el clima, la indefinición de las empresas de servicios en la relocalización de redes, el traslado de los árboles y la demora en la adquisición de predios.



Por otro lado la directora de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), asegura que los retrasos en la ejecución de una obra no son por las licencias ambientales. Dice que el cronograma de actividades se lleva a cabo estrictamente, lo que corresponde a las evaluaciones de los estudios de impacto ambiental, las visitas de verificación y los pronunciamientos que son competencia de la ANLA corresponden a lo establecido en la ley.

Muchos de los contratistas de obras se quejan por las demoras al momento de solicitar la licencia ambiental; pero esto es debido a que los estudios de impacto ambiental se presentan incompletos desde el punto de vista técnico. En otros casos las empresas presentan la solicitud extemporánea a los compromisos adquiridos con el gobierno o sin cumplir todos los requisitos, como la socialización apropiada de las obras en sus distintas fases y el levantamiento de vedas nacionales o regionales.

En un trabajo realizado por la Universidad Militar, se trata la fase de un proyecto las cuales van de la mano con una administración de la parte técnica y financiera moderna y objetiva. Para determinar lo anterior durante el trabajo se analizan las diferentes causas de incumplimientos en las obras, basados en el amplio marco teórico que presenta la programación de obras y entrevistas a ingenieros que trabajan en proyectos de construcción, en donde se establece la importancia que tiene la programación de obra en un proyecto.

Este trabajo se desarrolló en la ciudad de Bogotá, enfocado a las obras ingenieriles de la ciudad. Los conocimientos y la información empleada en el trabajo tienen origen en investigaciones y experiencias acerca de la programación de obra, en donde se tuvieron en cuenta proyectos de construcción ya culminados y a partir de estos se verifico la información y el desarrollo de obras estipuladas.

Para el desarrollo de dicha investigación se realizaron encuestas referentes al tema de los incumplimientos en las obras civiles, comprometiendo en estas encuestas a los participantes de la construcción. Con la información de obtenida de las encuestas se realizó un análisis para establecer con claridad los datos, estadísticas y teorías que dan explicación al incumplimiento de las obras.

Basados en los resultados de las encuestas se pudo concluir que la mayoría de las causas de retrasos en construcción recaen en factores como:

1. Retrasos ocasionados por el dueño:

2. Ordenes de cambio solicitadas por el dueño
3. Cambios constructivos
4. Diferencias en las condiciones de campo
5. Condiciones atmosféricas desfavorables
6. Aceleración de trabajo (pérdida de productividad)
7. Suspensión del trabajo
8. Error al cotizar los precios de los materiales y equipos
9. Errores en el expediente técnico
10. Problemas misceláneos

Los retrasos típicos ocasionados por el dueño son por causa de la aprobación tardía de los planos de ejecución y las muestras, aprobación tardía en las pruebas de laboratorio, demoras en responder al contratista sobre inquietudes en el campo de trabajo, variación en las cantidades estimadas, cambios en el cronograma por el dueño, falta de requerimiento de vías de acceso.

Los retrasos típicos ocasionados por el contratista son por causa de la entrega tardía de los planos de ejecución, adquisiciones tardías de materiales y equipos, personal insuficiente, personal no calificado, inadecuada coordinación con sub-contratistas u otros contratos, construcción no conforme a los requerimientos del contrato, rehaciendo los trabajos que sean necesarios.

En la investigación se pudo concluir que los retrasos que se presentan en la construcción de una obra es principalmente la falta de planificación de las actividades, esto debido a una información técnica incompleta, planos detallados sin actualizar, programación de obra y presupuesto incompleto o poco confiable.

La finalidad de la planeación es hacer más flexible, valiéndose de algunas herramientas o técnicas, cada una de las actividades involucradas en el proyecto para que puedan realizarse de manera más eficaz, evitando problemas y anticipándose a posibles errores que sean difíciles o imposibles de resolver (Perez Cervantes, 2004).

En la planeación se ven aspectos importantes, como posibles problemas o retrasos los cuales deben ser corregidos o se deben evitar en un periodo determinado; es por esta razón que se debe tener una planeación a corto, mediano y largo plazo, cada una de ellas dependiendo una de la otra.

Otra investigación realizada también por la Universidad Militar, se realizó el diagnóstico en las etapas de planeación, diseño, construcción y postventa, de dos proyectos específicos recopilando la información suficiente que permitiera conocer que está generando los atrasos, sobre costos e incumplimientos en tiempos y calidad del producto final. El propósito de dicho trabajo es dar a conocer las posibles causas que llevan a la problemática.

En este estudio se recopiló y analizó la información tomada de dos proyectos realizados por una empresa constructora en la ciudad de Bogotá, en sus diferentes etapas: planeación, diseño y construcción. La información obtenida se analizó por medio de una matriz DOFA, la cual tiene en cuenta las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la empresa. La investigación se profundizó en la problemática de los atrasos que presenta una obra en sus diferentes etapas, y se formularon algunas estrategias que orienten a la empresa a tomar decisiones y mejoras en varios aspectos.

Como conclusión de la investigación se evidenció la falta de planeación, se debe revisar si es el procedimiento, el perfil o el exceso de funciones de los profesionales, no permite que se ejecute con éxito, para ello se recomendó realizar una planeación estratégica en la compañía. La compañía está iniciando los proyectos sin tener un presupuesto revisado, aprobado y fijo. Se evidenció que hay funciones que no se llevan a cabo debido a que las personas que laboran en cada área tienen sobre carga laboral.

El planteamiento de una obra consiste en el conjunto de actividades previas a su ejecución, que va desde la toma de decisiones básicas hasta el último evento antes de iniciar los trabajos, teniendo en cuenta las fases de la investigación, diseño, estudios complementarios, coordinación de proyectos, licitación y contratación (García Cabay, 2012)

Según Raissa García, se habla de una mala planeación cuando existen falencias en las etapas de diseño y ejecución, y como consecuencia, puede no ser útil, no cumple con las especificaciones técnicas, se producen demoras, el rendimiento de la mano de obra y equipos son muy bajos, no hay disponibilidad de materiales entre otros.

El trabajo realizado en la Universidad de Medellín, es un estudio para diferentes edificaciones en diferentes sectores del Valle de Aburrá, con el fin de implementar una metodología que ayude a minimizar los errores en cualquier etapa del proyecto. Principalmente es detectar a

corto plazo cualquier error o anomalía que se presente y como consecuencia presentar retrasos y/o pérdidas económicas; lo que será de gran ayuda tanto para el interventor como para el contratista.

En el trabajo se realizó una investigación de los inconvenientes de tipo constructivo o de retrasos en los plazos de entrega de un proyecto, ocasionado por el contratista, la entidad contratante, o algún hecho fortuito. La mayoría de estos retrasos son complejos de clasificar y de establecer sus efectos en el presupuesto y en el cronograma de la obra.

Con el análisis de estos inconvenientes se obtuvo una metodología más útil que permita medir y cuantificar los sobrecostos, identificando las actividades afectadas por los mismos dentro del cronograma, el presupuesto y determinando su impacto en el plazo contractual, para mitigar lo mejor posible todos los errores que pueden ocurrir en un proyecto de construcción de edificaciones.

Finalmente después de un estudio y de realizar un diagnóstico de los inconvenientes y causas que pueden presentar los atrasos en un proyecto se llegó a la conclusión que la mayor causa de atraso en las obras estudiadas es por parte de la gestión administrativa, seguida por los cambios de diseño y cambios de especificaciones de obra. También se pudo concluir que al existir una desviación en tiempo hay una desviación directamente proporcional en los costos.

También se evidencio que para que exista una acertada concepción de cualquier proyecto y en el desarrollo de cualquier proceso constructivo se hace necesario establecer metodologías que contribuyan a la disminución de los errores susceptibles de ocurrencia dada la naturaleza y esencia del proyecto. Se recomienda que para la construcción de un proyecto desde la primera fase (idea del proyecto), tener en cuenta todos los aspectos que pueden afectar de manera directa en el plazo de planeación y ejecución del mismo, además determinar una guía clara que permita avanzar de manera lógica los procesos necesarios que requiere cada uno de los proyectos.

En un artículo sobre un estudio de caso realizado en la ciudad de Medellín, habla sobre Lean Construction, que es una filosofía orientada a la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la disminución de las actividades que no agregan valor.

El objetivo principal del artículo es divulgar los resultados del sistema Last planner en proyectos de construcción en Medellín durante 2003, como parte de la investigación “Implementación de un programa de mejoramiento en gestión de la construcción”.

Los resultados que se obtuvieron en la investigación muestran una tendencia al mejoramiento cada vez que se aplica el sistema de acuerdo con el indicador PAC (porcentaje de asignaciones completadas). Este indicador permite medir el desempeño de la planificación y de la productividad de la unidad de producción.

En el artículo se analizó también las causas las cuales se atribuye el no cumplimiento de lo planificado. Se identificó que las dos primeras causas (subcontratista, actividad previa) son controlables por la administración de la obra. Una buena gestión al respecto garantizara un cumplimiento más cercano al compromiso adquirido en los programas semanales. Por otro lado existen causas como proveedor, mal tiempo, cambios de diseño, que son causas no controlables por la administración de la obra y hacen parte del riesgo característico de la actividad de construcción.

En el artículo se pudo concluir que la metodología de Last Planner es muy útil para mejorar la confiabilidad y disminuir la incertidumbre en la planeación. El estudio que se realizó muestra un incremento de lo planificado desde el 65% en la primera semana de implementación del sistema hasta el 85% en semana 25. Con este nuevo sistema el papel del profesional administrador de obra se vuelve proactivo, ya que es necesario analizar y levantar las restricciones de las actividades para definir las asignaciones de trabajo de la unidad de producción. El análisis de las causas de no cumplimiento de lo planificado ofrece valiosa información, la cual se utiliza para evitar la recurrencia de situaciones que generan atrasos y baja productividad en la obra.

En cualquier proyecto de obras civiles los atrasos que se presentan traen graves consecuencias tanto en tiempo como en costos. De allí la importancia de la interventoría de tener personal idóneo para hacer los controles de programación y obra, proyectando a cada uno de estos e informar a la gerencia de las empresas lo que a futuro se puede presentar.

Con el análisis de todos estos documentos se pudo concluir que el principal problema o causa de atrasos, sobre costos y baja productividad en una obra es la mala planeación de las actividades que se deben realizar en una obra, sumado a esto se encuentra la deficiencia de detalles y especificaciones técnicas de los planos. Para garantizar el ciclo normal y eficaz de una obra se requiere de un exhaustivo cumplimiento de la programación de obra en las diferentes etapas, entre estas la planeación, la organización, la dirección y el control, de estas depende el éxito del proyecto y la verificación de aspectos tan importantes como el presupuesto de obra.

Se define la planeación, programación y control de obra como la coordinación de todos los recursos tanto humanos, materiales, equipos, financieros, en un programa, tiempo y costo determinado para lograr alcanzar los objetivos planteados (Perez Cervantes, 2004).

Es importante que en un proyecto de construcción exista una correcta interacción de todas las actividades que intervienen en la elaboración del proyecto, ya que así se obtendrán mejores resultados, por esto, todos los proyectos de construcción requieren de una correcta planeación, en donde la participación y mano de obra de cada uno, sea importante durante la elaboración de las actividades del proyecto.

Por tanto, si en un proyecto existe una correcta planeación del proyecto los beneficios se verán reflejados en la culminación del proyecto en tiempo y dentro del presupuesto, satisfacción de las necesidades del cliente y reducción de costos por trabajos de mala calidad. El no planear, al final del proyecto contribuye al incremento de costos de la incertidumbre del mismo y en consecuencia la reducción de las ganancias por parte del contratista.

### **Factores para la planificación de una obra**

Planear es determinar técnicamente lo que se desea ejecutar, en donde se establecen ciertas jerarquías en las actividades, su cronología y la duración de las mismas (Quintero Gomez, 1997).  
Establece algunos factores:

#### **Factores previos:**

- Tipos de contratación
- Documentación, permisos o licencias
- Políticas de indirectos
- Procedimientos y sistemas constructivos
- Correspondencia al cliente
- Planos
- Especificaciones
- Presupuesto y cantidades de obra
- Precios unitarios
- Estudios especiales

**Factores al inicio de la obra:**

- Condiciones del predio
- Programa de obra
- Suministro de materiales
- Mano de obra
- Obras en desarrollo en la zona
- Comunicaciones
- Servicios particulares
- Procedimientos constructivos

**Factores en el proceso constructivo:**

- Avances de obra
- Condiciones del almacén
- Condiciones de la cuenta de clientes
- Subcontratistas
- Administración
- Personal

Cuando la constructabilidad es adoptada en un proyecto, se debe tener como objetivo principal aprovechar sus beneficios, darle la importancia que se merece; esto quiere decir debe considerarse como parte de los planes de ejecución del proyecto.

Al aplicar un programa de constructabilidad dentro de un proyecto, este contribuye a la efectiva ejecución de este en varios aspectos:

1. Ayuda a establecer las metas y objetivos del proyecto
2. Aporta una manera lógica y sistemática de integrar diseño y construcción
3. Mejora la comprensión del diseño por parte del personal de construcción

La planificación está basada en la experiencia de los profesionales, en donde el control se basa en el intercambio de informaciones verbales entre el ingeniero con el jefe de obra.

En la constructabilidad la planeación de un proyecto incorpora el conocimiento y experiencia en construcción de forma activa, esto con el objetivo de obtener beneficios en costo y

plazo a través de la integración de personal con amplia experiencia en construcción en las actividades de planificación, con la responsabilidad de determinar cuál es la mejor manera de reducir costos y mejorar la calidad de la obra.

Algunos factores que pueden afectar el costo y plazo de ejecución de la obra y que llegan a ser omitidos de manera involuntaria en la etapa de planeación son la disponibilidad de materiales, disponibilidad de mano de obra, costo de la mano de obra, costo de transporte, etc.

Con el análisis de los documentos se pudo inferir que la buena gerencia debe usarse de principio a fin de todo el proyecto, es decir, desde el inicio del estudio de viabilidad, la planeación del lugar de trabajo de construcción, hasta la entrega del proyecto al cliente. Se deben coordinar todas las personas y subcontratistas que se vean involucrados en cada una de las fases o actividades del proyecto.

En consecuencia, la planeación tiene su objetivo principal en el análisis de cómo se realizará el trabajo, en qué orden y con qué recursos, esto para reducir el número de actividades o eventos manejables. También para la prevención de cualquier problema o de cómo manejarlos y lo más importante anticiparse al riesgo en donde los efectos que este cause puedan ser minimizados.

Se evidencia que la importancia de coordinar y controlar el avance del proyecto, está en la correcta recolección de la información y la toma de decisiones en donde un mal control o informe se verá reflejado en los costos, calidad y tiempo de un proyecto.



## 10. Capítulo 2: Evaluación del conocimiento del concepto de constructabilidad por parte de las empresas constructoras de Bogotá

En la gráfica 1 se puede evidenciar el poco conocimiento de las empresas constructoras de la ciudad con respecto al programa de constructabilidad, los beneficios de su implementación y la relación costo beneficio de la implementación de la constructabilidad en la empresa.

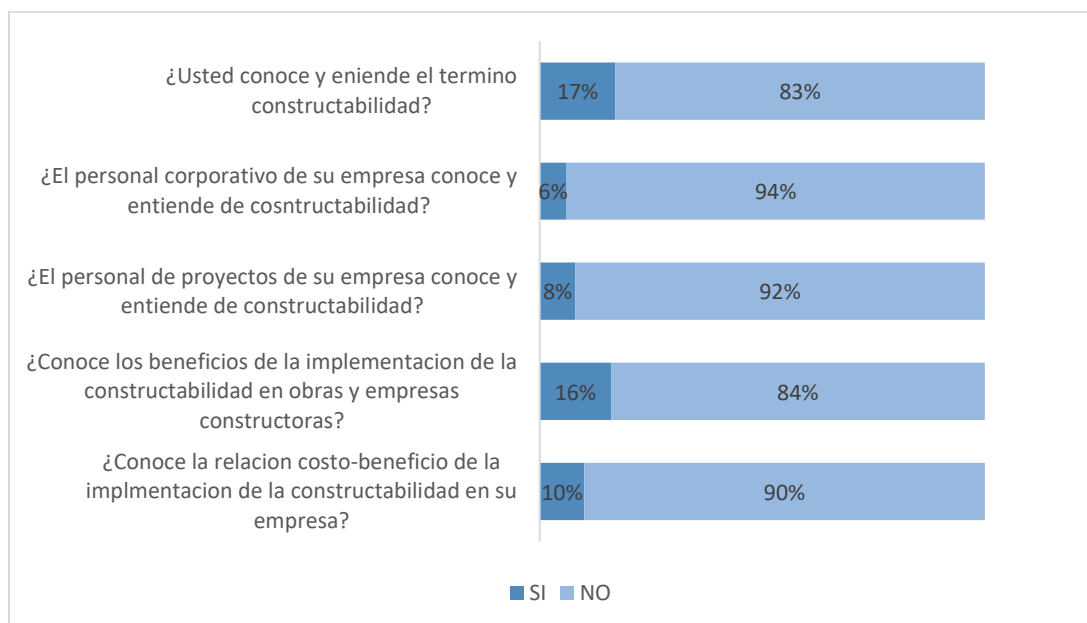
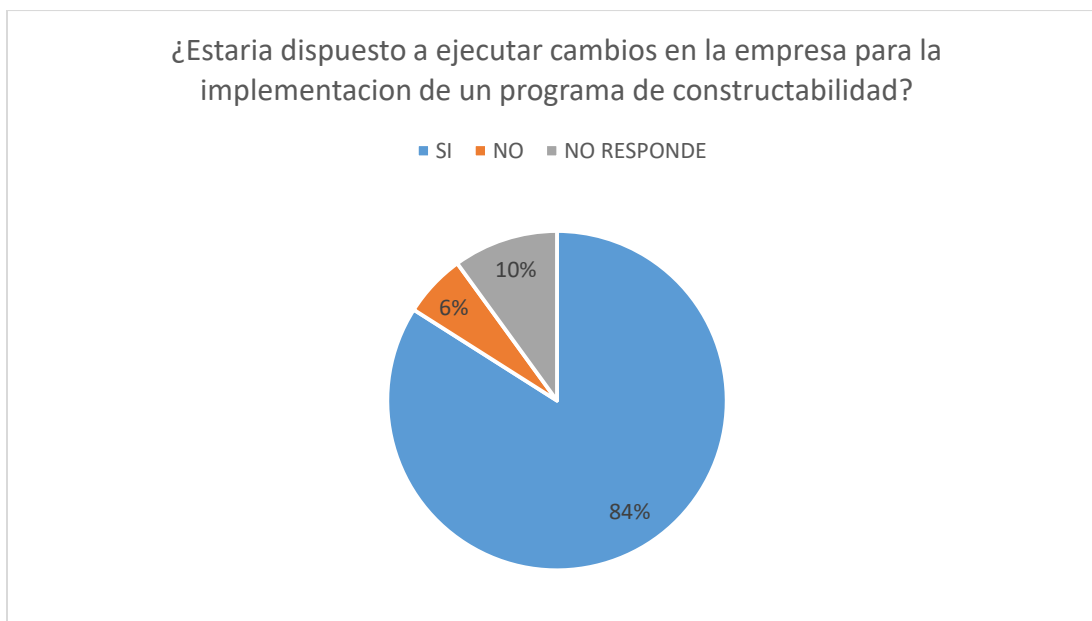


Gráfico 1 Conocimiento del programa de constructabilidad



*Gráfico 2 Disposición de implementar el programa de constructabilidad*

La gráfica 2 muestra que sin importar el hecho de que la mayoría de las empresas no tengan conocimiento sobre la constructabilidad, la disposición a su implementación es muy alta. Esto quiere decir que hay una necesidad extendida de generar cambios para mejorar la productividad de los procesos internos de la empresa.

La mayoría de las empresas desconocen el término de constructabilidad y por esta razón la implementación de la misma es nula. Sin embargo, las empresas se mostraron dispuestas a generar cambios para la implementación de este programa, siempre y cuando ayude a optimizar los procesos internos y de ejecución de las obras, mejore el rendimiento de los recursos, genere beneficios económicos, para así implementar donde sea más efectivo el programa, tanto en la etapa de diseño, planeación y ejecución de la obra. Esto quiere decir que hay una necesidad de generar cambios para mejorar la productividad de los procesos internos de las empresas, utilizando la constructabilidad como un programa de mejoramiento continuo que le aporte alguna solución a sus necesidades.

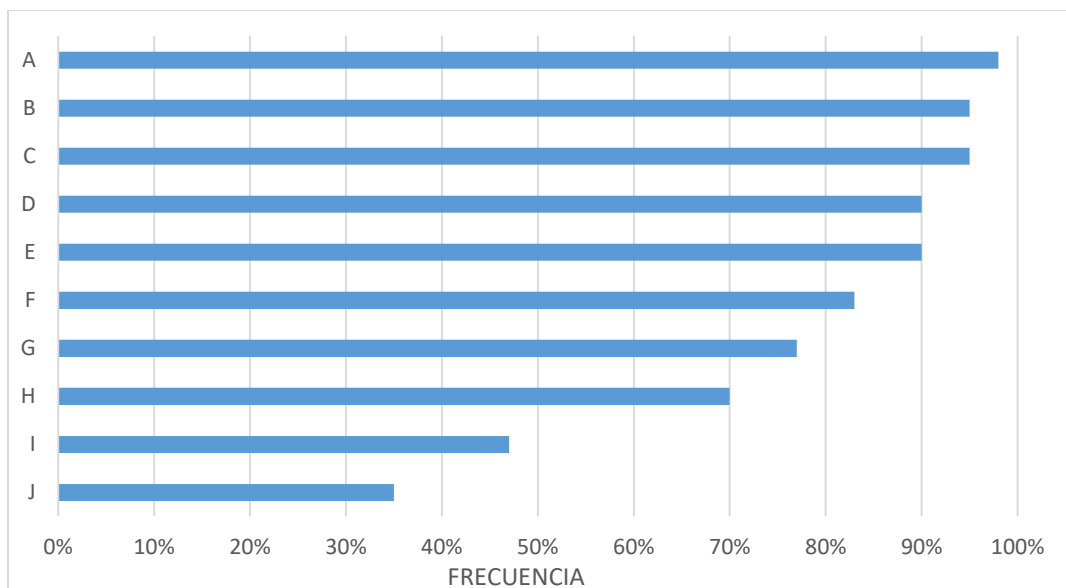
Es necesario dar a conocer a los directivos de las empresas constructoras los beneficios que trae la implementación de la constructabilidad como herramienta gerencial, ya que por medio de esta herramienta se pueden identificar errores de diseño, ambigüedad de las especificaciones,

diseños costosos de construir, diseños difíciles de construir y diseños difíciles de interpretar y cotizar la construcción.

Al aplicar dentro de la organización un programa de constructabilidad se obtiene que las gerencias de diseño y construcción dominan de forma contundente los costos del proyecto, además de eso al momento de realizar la contratación del personal para el proyecto se hará la selección de este según las competencias de acuerdo a la información de diseño y construcción.

<b>BARRERAS</b>	
<b>PRIMER GRUPO</b>	<p>A Falta de evaluación de los errores cometidos en las obras</p> <p>B Falta de documentación de los errores en una base de datos</p> <p>C Falta de vision de Benchmarking</p> <p>D El personal de construccion no revisa el diseño</p> <p>E No se cuenta con planos y especificaciones claras y detalladas</p>
<b>SEGUNDO GRUPO</b>	<p>F El personal de diseño y construccion no interactuan respetuosamente</p> <p>G El personal no esta motivado a ser innovador en la solucion de problemas</p> <p>H El personal de diseño contratado no cuenta con experiencia y conocimiento en construccion</p> <p>I El personal de la empresa se toma un tiempo para el pensamiento estrategico</p>
<b>TERCER GRUPO</b>	<p>J Complacencia con el estado actual</p>

*Tabla 1 Barreras para la implementación de la constructabilidad*



*Gráfico 3 Frecuencia en que se presentan las barreras en las empresas*

En la tabla 1 se muestra la clasificación de las barreras según la frecuencia con que se presentan; estas a su vez se dividen en tres grupos. En el gráfico 3 se muestra la frecuencia con la cual se presentan dichas barreras en las empresas

### **Primer grupo:**

Se encuentran las barreras que se presentan con mayor frecuencia como lo son la falta de evaluación de los errores cometidos en obra y la falta de documentación de estos mismos errores.

Se pudo evidenciar que las empresas evalúan los errores que se cometen de forma verbal e informal, además que tampoco se registran en una base de datos, lo que hace que se pierda efectividad en el tiempo.

Otra barrera que se presenta es la falta de visión de benchmarking, el no compararse con los mejores en el área para mejorar, indica que hay una satisfacción con los esfuerzos actuales y no se tiene la necesidad de mejorar. La cuarta barrera dentro de este grupo es que el personal de construcción no revisa el diseño, este equipo debe revisar el diseño desde el inicio y antes de finalizar para evitar modificaciones durante la ejecución de la obra generando sobrecostos.

La última barrera que se presenta es la falta de simplicidad al momento de explicar los dibujos o la falta de detalles en los procesos constructivos, generando atrasos en la ejecución del proyecto.

### **Segundo grupo:**

La barrera que se presenta es que no existe un respeto mutuo entre diseñadores y constructores, debido que se generó una separación entre estas dos áreas.

La segunda barrera de este grupo es la falta de motivación a los trabajadores para la innovación en la resolución de problemas, se debe poner atención a esta barrera ya que la CII recomienda que para mejorar los procesos constructivos se debe utilizar y desarrollar métodos de construcción innovadores que puedan simplificar el esfuerzo de la construcción y reducir el costo del proyecto.

El personal de diseño no cuenta con el conocimiento suficiente en construcción, además de la falta de tiempo para el pensamiento estratégico por parte de los empleados.

### **Tercer grupo:**

En este grupo se presentan las barreras que mejor manejan las empresas, ya que se evidencia un alto grado de complacencia con el estado actual de la empresa.

### **11. Capítulo 3: Prácticas que mejoran los procesos en las etapas de diseño e ingeniería según los principios de constructabilidad**

Teniendo en cuenta los conceptos de constructabilidad que son aplicables durante la etapa de diseño, estos se analizaron según los eventos que se pueden presentar en una obra.

#### **Realizar una investigación completa del sitio:**

Generalmente no se realiza un estudio detallado del lugar en donde se realizara la obra, tampoco se hace un estudio del diseño arquitectónico y estructural del proyecto y debido a esto se dejan muchos detalles olvidados, lo que retrasa actividades como el movimiento de tierras o generan mayores costos durante el mismo. Sumado a lo anterior no se tienen en cuenta factores como disponibilidades de servicios públicos y redes, permisos especiales de trabajo, entre otros.

#### **Diseños que tengan mínimos tiempos de trabajo bajo tierra:**

Los trabajos bajo tierra generan factores adicionales que se deben tener en cuenta como son los riesgos para el personal que está desarrollando la actividad, para esto se debe considerar la normativa sobre trabajos de excavación.

#### **Diseños con montajes simples:**

Los diseños demasiados elaborados generan complejidad al momento de interpretar la información de lo que se desea construir generando tiempos adicionales, un diseño demasiado elaborado genera tiempos muertos durante la construcción de la obra y reprocesos por no ser totalmente claros, se deben tener en cuenta los requerimientos de equipos y formaleta, ajustados a una programación adecuada de los mismos.

#### **Fomentar la estandarización:**

La estandarización de los procesos genera destreza en el personal y por ende un rendimiento de las actividades, ya que al ser realizadas por primera vez se observan los detalles y secuencias que evitan reprocesos para no seguir repitiéndolas en las siguientes oportunidades. Se debe tener en cuenta la posibilidad de repetición en el armado de los diferentes elementos estructurales.

**Implementar la modulación:**

Cuando se modula un proyecto se puede priorizar actividades, estandarizar procesos, secuencias equipos y formaletas que garanticen mayor rendimiento y un mejor desarrollo del proyecto.

**Análisis del acceso al sitio de trabajo:**

Realizar este análisis es de vital importancia, ya que garantiza el suministro continuo de materiales e insumos, o por el contrario para organizar un plan de suministro y horarios de acuerdo a las condiciones de acceso, también permite establecer los tipos de vehículos que pueden ingresar. Organizar este aspecto evita problemas con la comunidad y zonas afectadas por el desarrollo del proyecto, organizar los patios de descargue del material y tener en cuenta desde antes de iniciar el proyecto la ubicación y distribución de los diferentes campamentos y materiales, y su variación durante la construcción de la obra.

**Investigar cualquier tolerancia inesperada:**

Dentro de la etapa de planeación es importante tener en cuenta variables con porcentajes de ocurrencia mínimos o inesperados, se recomienda tener un plan de contingencia por si se llegan a presentar dichos eventos.

**Investigar la secuencia de construcción más rápida:**

Este aspecto combinado con la modulación y estandarización, permite disminuir los tiempos de obra, desarrollar planes de contingencia e identificar posibles pérdidas de rendimiento.

**Investigar el impacto que tiene el diseño en la seguridad industrial durante la construcción:**

Cuando se inicia con los respectivos diseños del proyecto se deben tener en cuenta las variables correspondientes a la seguridad industrial, al no tener en cuenta este aspecto puede generar un impacto negativo ya que al momento de estar ejecutando las labores sería necesario tomar las medidas de seguridad como algo adicional y no como un rubro en el presupuesto que se hubiera tenido en cuenta desde el momento de la planeación de la obra.

**Diseños que eviten continuas visitas de los diseñadores a la obra:**

Si los diseños son más sencillos la facilidad de comprensión e interpretación será mayor, evitando de esta manera permanentes visitas de los diseñadores. Adicional a esto al tener estructuras elementales, los tiempos de ejecución se vuelven mucho más rápidos generando una curva de aprendizaje en el personal.

**Diseños que tengan en cuenta las habilidades del personal y los recursos que están disponibles:**

Al momento de planear un proyecto, es necesario dejar en claro con los diseñadores la manera en que se quiere manejar el proyecto en cuanto a tiempos, plazos, métodos constructivos, de tal manera que se tengan en cuenta las habilidades del personal.

**Considerar en los diseños materiales adecuados:**

En los diseños que se establecen para cada proyecto se deben tener en cuenta la oferta y la demanda de ciertos materiales que están en el mercado, con el fin de garantizar ventas del proyecto y brindar satisfacción a los clientes de la manera más acertada.

**Suministrar diseños con información clara y detallada:**

Cuando se reciben los diseños es recomendable revisarlos uno a uno, revisar que esté consignada la información necesaria para la ejecución del proyecto.

**La planificación de un proyecto debe contar con conocimiento y experiencia en construcción:**

Al implementar este concepto se consiguen beneficios de costo y tiempos de entrega a través de la participación de personas con experiencia en el tema de construcción en las funciones iniciales de la planificación.

Las personas responsables del programa de constructabilidad deben ser tenidas en cuenta en la etapa inicial del proyecto, estas personas deben ser identificadas paralelamente a la estrategia de contratación y deben continuar durante toda la duración del proyecto. Estas personas debe tener habilidades para el trabajo en equipo y comunicación asertiva, habilidad para evaluar objetivamente el diseño y métodos constructivos.



La participación del equipo técnico debe de introducirse a partir de la etapa de planeación, en donde las estrategias para llevar a cabo el proyecto se establece. En la etapa de planeación es donde la experiencia de campo agrega su máximo valor, ya que sus aportes radican en la realización de un programa para el proyecto más realista, un soporte en la estimación de costos y en la definición de estándares de calidad para asegurarse durante todo el proceso y no incurrir en la aplicación de correctivos en acciones necesarias.

En la planeación el concepto de calidad debe buscar un enfoque de prevención y no como se maneja actualmente, que se apoyan en la inspección y reaccionan según se vayan presentando los errores en la obra. El gerente o encargado del proyecto debe asegurar que se cuenta con las especificaciones completas y los criterios de aceptación desde el diseño.

Hay muchos factores que pueden afectar el costo y plazo de un proyecto, estos pueden ser omitidos involuntariamente durante la etapa de planificación conceptual, estos pueden ser la disponibilidad de material y mano de obra, costo de la mano de obra y el costo de transporte. Para evitar omitir estos factores durante la etapa de planeación se debe: (Llanos Calua, 2006)

- Establecer los objetivos del proyecto.
- Seleccionar los métodos de construcción más importantes.
- Seleccionar el sitio del proyecto y analizar la factibilidad del programa.
- Estimaciones de rendimiento en terreno, preparar estimaciones y presupuestos.
- Desarrollo de la estrategia de contratación y determinación de fuentes de recursos.

## 12. Conclusiones

La mayoría de los problemas que se pueden presentar durante un proyecto como atrasos, sobre costos, se deben principalmente a la mala planeación del proyecto, en donde no se tienen en cuenta muchos factores o especificaciones de los diseños; ya que en ocasiones los planos no están completos o faltan algunas especificaciones técnicas que permita una mejor comprensión e interpretación de estos. Se evidencia también que no existe una relación entre los diseñadores y constructores, lo que también genera que las actividades del proyecto se atrasen.

La mayoría de las actividades realizadas en la etapa de ejecución de un proyecto, se deben tener en cuenta durante las etapas de diseño y planeación, basándonos en los análisis de las fuentes secundarias en el capítulo 1, se puede decir que la construcción de proyectos de infraestructura vial en Bogotá no sigue estos parámetros. No se da la importancia que requiere la planeación y el diseño de una obra, las causas de esto podrían ser sociales, económicas, culturales o políticas.

En Colombia, especialmente en Bogotá el concepto de constructabilidad como herramienta de gestión es poco conocido, por esta razón se puede decir que la aplicación de la técnica es casi nula en la ciudad. Debido a que los resultados de la encuesta muestran que las diferentes empresas presentan una amplia disponibilidad para generar cambios implementando este programa, en donde se considera que ayudara a la optimización de los procesos internos y de ejecución de las obras, mejore el rendimiento de los recursos y genere beneficios económicos; existe la posibilidad para la aplicación de este método.

Los resultados del análisis en el capítulo 2 muestran que las empresas constructoras presentan las barreras muy marcadas para la implementación de la constructabilidad, lo que indica que existen elementos que impiden una óptima implementación de dicho programa. Para lograr romper estas barreras y poder implementar el programa de constructabilidad se deben hacer cambios de tipo legal, contractual, cultural, de procedimiento y de conciencia según el CII (Construction Industry Institute).

La constructabilidad es una herramienta muy eficiente de mejora continua, utilizada para mejorar la gestión de proyectos de construcción, mediante la incorporación de personal con experiencia y conocimiento en la construcción durante las etapas preliminares del proyecto como

son la planificación, diseño, abastecimiento; con el fin de mejorar la aptitud constructiva de una obra para alcanzar el objetivo global del proyecto.

La aplicación de la constructabilidad en las primeras etapas de un proyecto podrá tener mayor efecto que si se aplicara en las etapas finales. Al implementar la constructabilidad en el estudio de factibilidad, se deben plantear diversas alternativas técnicas para los métodos alternativos tradicionales, de tal manera que dichas alternativas sean estudiadas detalladamente durante la etapa de diseño conceptual.

Durante la etapa de diseño al implementar la constructabilidad, se debe utilizar toda la información y los conocimientos de construcción disponibles antes de desarrollar la ingeniería de detalle. Es en esta etapa en donde la constructabilidad se aprovecha para producir cambios o innovar en los procesos constructivos, arrojando una o dos alternativas innovadoras paralelas al método constructivo tradicional; estas alternativas serán evaluadas tanto en los aspectos técnicos como la factibilidad de construcción, calidad, tiempo de ejecución, efecto en el medio ambiente, etc.; como en los aspectos económicos, en el costo del proyecto, vida útil de la estructura, costos indirectos, etc.

La constructabilidad tiene como principal desafío la integración de una forma sencilla, automática y permanente de los encargados del diseño y construcción de una obra, los cuales habitualmente se encuentran separados. Para cumplir este desafío se debe lograr un respeto profesional entre el diseñador y el constructor para producir las mejoras que se desean dentro del proyecto.

Los conceptos de constructabilidad pueden ser aplicados durante todas las etapas del proyecto, con la finalidad de modernizar los procesos constructivos en los casos que se requiera, reducir costos, mejorar la calidad, o disminuir tiempos.

Las investigaciones básicas sobre el tema de constructabilidad realizadas en otros países demuestran el potencial que tiene este concepto para brindar apoyo en los objetivos totales en cualquier proyecto de construcción, generando un ahorro significativo en los costos, igualmente que un ahorro en el tiempo y una mejor calidad del proyecto.

Durante el desarrollo del trabajo se evidenciaron un conjunto de problemas que enfrenta la construcción, destacándose entre ellos la falta de integración que existe entre las etapas de

definición, adquisiciones, diseño y construcción de un proyecto, cada una de las cuales es realizada por diferentes entidades. La constructabilidad integra cada una de estas partes transformándose en una de las herramientas más útiles para los gerentes de proyectos.

El sector de la construcción en Bogotá dentro de su gestión sufre un grave deterioro, mostrando en los resultados que se tiene una baja previsión de las actividades del ciclo de vida del proyecto, se evidencia la falta de un pensamiento más estratégico por parte de los encargados de la gestión de un proyecto de construcción para así disminuir la posibilidad de que se presenta algún inconveniente durante la etapa de construcción.

Esto da como consecuencia de que los proyectos de construcción presentan una baja productividad, por lo tanto se recomienda la integración de los principios de constructabilidad, ya que estos han demostrado en investigaciones previas del CII (Construction Industry Institute), reducción en los sobrecostos por errores y reducción de retrasos en el programa en porcentajes considerables.

Se recomienda la implementación de la constructabilidad en los diferentes proyectos de infraestructura vial en la ciudad de Bogotá, en el cual se requiere de personal de construcción con conocimientos amplios en la materia durante las primeras etapas de un proyecto: planeación conceptual y diseño, con el fin de garantizar que los proyectos sean construibles, licitables y de fácil mantenimiento. Con la realización de este proceso se puede garantizar una buena gestión en la construcción y disminuir las dificultades en obra que pudieran presentarse por falta de diseño.

Finalmente, se considera que para que un país sea competitivo este debe ofrecer productos y servicios innovadores, con un alto valor agregado, esto depende del reconocimiento que una sociedad permita a las ideas y a la creatividad. Considerando esta afirmación se debe implementar la constructabilidad como una herramienta de mejora en la construcción de Bogotá, ya que se requiere alcanzar una mejor calidad en los proyectos de infraestructura.

### 13. Bibliografía

- APM. (2013). *What is project management?* Recuperado el 1 de 08 de 2017, de <https://www.apm.org.uk/resources/what-is-project-management/>
- Arce Labrada, S., & Lopez Sierra, H. (2010). Valoracion de la gestion de proyectos en empresas de Bogota. Nivel de madurez en geston de proyectos. *Revista Escuela de Administracion de Negocios*, 60-87. Recuperado el 1 de 08 de 2017, de <http://www.redalyc.org/html/206/20619966004/>
- Arce Manrique, S. (2009). *Identificacion de los principales problemas en la logistica de abastecimiento de las empresas constructoras bogotanas y propuesta de mejoras.* Recuperado el 30 de 05 de 2017, de <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis189.pdf>
- Bastidas, L. (2016). El costo que la improvisacion ha generado en las finanzas en Bogotá. *Semana*, 1. Recuperado el 26 de 09 de 2017, de <http://www.semana.com/opinion/articulo/opinion--lucia-bastidas-habla-del-costoa-las-finanzas-en-bogota/473054>
- Calculos CGR, F. (20 de 06 de 2016). Ante atrasos en obras y proyectos surgidos de la ola invernal 2010-2011: Contraloría prende alarmas por los riesgos que enfrentan varias regiones, con la probable llegada de La Niña. Bogota. Recuperado el 25 de 05 de 2017, de [http://www.contraloria.gov.co/contraloria/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/-/asset\\_publisher/Jl4Sa8JTmjbW/content/ante-atrasos-en-obras-y-proyectos-surgidos-de-la-ola-invernal-2010-2011-contraloria-prende-alarmas-por-los-riesgos-que-enfrentan-varias-reg](http://www.contraloria.gov.co/contraloria/sala-de-prensa/boletines-de-prensa/-/asset_publisher/Jl4Sa8JTmjbW/content/ante-atrasos-en-obras-y-proyectos-surgidos-de-la-ola-invernal-2010-2011-contraloria-prende-alarmas-por-los-riesgos-que-enfrentan-varias-reg)
- Camara Colombiana de Infraestructura (CCI). (2010). *Los factores que afectan el buen desarrollo de las obras en el pais.* Recuperado el 1 de 08 de 2017, de Camara Colombiana de la Infraestructura: <https://www.infraestructura.org.co/nuevapagweb/presentaciones/2010/FACTORES%20A%20TRASOS%20OBRAS-4%20de%20feb%202010.pdf>
- Cleland, D., & Gareis, R. (2006). *Global Project Management Handbook.* McGraw-Hill. Recuperado el 1 de 08 de 2017, de <http://books.mcgraw-hill.com/engineering/PDFs/Cleland.pdf>

- Construction Industry Institute (CII). (1993). *Constructability Implementation Guide*. .
- Construction Industry Institute (CII). (2004). Preview of Constructability Implementation . The University of Texas at Austin.
- Construction Industry Institute (CII). (2012). *Construction Industry Institute*. Obtenido de <https://www.construction-institute.org/kd/itb/166-3%20v4.0%20draft%2023Feb12.pdf>
- Construction Industry Institute (CII). (2016). *Knowledge Bases*. Recuperado el 14 de 07 de 2017, de <https://kb.construction-institute.org/knowledge-areas/design-planning-optimization/topics/rt-034#presentation255>
- Construction Industry Institute Australia (CIIA). (1996). *Constructability principles file*. Australia.
- en50minutos.es. (s.f.). Definición del modelo. En *Benchmarking. La importancia de analizar el mercado* (pág. 3). Plurilingua Publishing.
- Gambatese, J. A., Hinze, J., & Behm, M. (2005). *Investigation of the Viability of Designing for Safety*. Obtenido de [http://www.cpwr.com/sites/default/files/publications/kr\\_gambatese.pdf](http://www.cpwr.com/sites/default/files/publications/kr_gambatese.pdf)
- Gambateze A., J., & Pocock B., J. (2007). En *Constructability, concepts and practice* (pág. 142). United States of America: American Society of Civil Engineers.
- García Cabay, I. (25 de 06 de 2012). *FORMULACION, EVALUACION Y ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION*. Recuperado el 26 de 09 de 2017, de <https://es.scribd.com/doc/99609806/Consecuencias-de-Planificacion-Deficiente>
- Ghio Castillo, V. (1997). *Guía para la innovación tecnológica en la construcción*. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile.
- Gibson, J., Kaczmarowsky, J., & Lore, J. (1995). Preproject-Planning Process for Capital Facilities. *Journal of Construction. Engineering and Management*, 121(3), 312-318.
- Gimenez, & Suarez. (2008). Diagnóstico de la gestión de la construcción e implementación de la constructabilidad en empresas de obras civiles. *Revista Ingeniería de Construcción*, 23(1), 04-17. Recuperado el 10 de 06 de 2017, de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732008000100001>

- Gugel, J. G., & Russell, J. S. (1994). *Models for constructability approach selection and input-source evaluation*. Recuperado el 5 de 06 de 2017, de [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1994\)120:3\(509\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:3(509))
- Infraestructura, C. C. (s.f.). *Camara Colombiana de Infraestructura*. Recuperado el 25 de 10 de 2017, de [https://www.infraestructura.org.co/direc\\_afiliados.php?sector=1&TSECTOR=Constructores](https://www.infraestructura.org.co/direc_afiliados.php?sector=1&TSECTOR=Constructores)
- Llanos Calua, H. (2006). "Constructibilidad" Herramienta para el mejoramiento en la construcción. 99. Lima, Peru.
- Martinez, P., Gonzales, V., & Da Fonseca, E. (2009). Integración Conceptual Green-Lean en el diseño, planificación y construcción de proyectos. *Revista Ingenieria de Construcción*, 24 (1), 05-32. Recuperado el 24 de 07 de 2017, de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732009000100001>
- McGeorge, D., & Palmer, A. (2002). En *Construction Managment. New Directions* (pág. 55). USA: Blackwell Science.
- Mohd Nawi, M., Mohamad Kamar, K., Abdullah, M., Haron, A., Lee, A., & Arif, M. (2009). ENHANCEMENT OF CONSTRUCTABILITY CONCEPT: AN EXPERIENCE IN OFFSITE MALAYSIA CONSTRUCTION INDUSTRY. Recuperado el 24 de 05 de 2017, de [https://www.researchgate.net/publication/228807625\\_ENHANCEMENT\\_OF\\_CONSTRUCTABILITY\\_CONCEPT\\_AN\\_EXPERIENCE\\_IN\\_OFFSITE\\_MALAYSIA\\_CONSTRUCTION\\_INDUSTRY](https://www.researchgate.net/publication/228807625_ENHANCEMENT_OF_CONSTRUCTABILITY_CONCEPT_AN_EXPERIENCE_IN_OFFSITE_MALAYSIA_CONSTRUCTION_INDUSTRY)
- Osorio, O. (1998). *Tendencias actuales de la contabilidad de gestión*. Venezuela: Fondo Editorial del Contador Público Venezolano. Caracas.
- Perez Cervantes, J. (08 de 03 de 2004). *Planeación y control de obra del Instituto de Religión Tampico: propuesta de análisis y evaluación de planeación estratégica y riesgo*. Recuperado el 20 de 09 de 2017, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mgc/perez\\_c\\_jc/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/perez_c_jc/)

- PMI. (2013). *Project Manangement Institute*. Recuperado el 1 de 08 de 2017, de <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>
- Quintero Gomez, M. (1997). *Analisis de la organizacion y reestructuracion de obras en proceso*. Recuperado el 26 de 09 de 2017, de [http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Quintero\\_Gomez\\_Martha\\_Silvia\\_44673.pdf](http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Quintero_Gomez_Martha_Silvia_44673.pdf)
- Redaccion Bogota. (29 de 06 de 2012). Con dos estaciones y retrasos comienza a rodar transMilenio por la 26. *El Tiempo*. Recuperado el 24 de 07 de 2017, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-11983373>
- Semana. (21 de 03 de 2017). "No planear tambien es corrupcion": Directora del IDU sobre los retrasos del deprimido de la 94. *Semana*. Recuperado el 24 de 07 de 2017, de <http://www.semana.com/on-line/nacion/articulo/distrito-inaugura-las-obras-del-deprimido-de-la-calle-94/519217>
- Serpell B., A. (2000). En *Administracion de operaciones de construccion* (pág. 291). Chile: Ediciones Universidad Catolica de Chile.
- Tapia Garcia, M. (2012). *La construtibilidad y su administracion en empresas de infraestructura en mexico*, 18-19. Mexico.
- The Construction Management Committee of the ASCE Construction Division. (1991). *ASCE*. Obtenido de <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281991%29117%3A1%2867%29>
- Torres, S. (Mayo de 2013). *Pautas pra hacer una monografia*. Recuperado el 17 de 11 de 2017, de [http://biblioteca.unlam.edu.ar/descargas/44\\_Cmohacerunamonografa.pdf](http://biblioteca.unlam.edu.ar/descargas/44_Cmohacerunamonografa.pdf)
- Wallace, D. (2014). *EDINBURGH BUSINES SHCOOL, Gestion de proyectos*. Recuperado el 1 de 08 de 2017, de <https://www.ebsglobal.net/documents/course-tasters/spanish/pdf/pr-bk-taster.pdf>