

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“LA CONSTRUCTIBILIDAD Y SU  
ADMINISTRACIÓN EN EMPRESAS DE  
INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
(CONSTRUCCIÓN)**

PRESENTA:

**ING. MARÍA TERESA TAPIA GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. JESÚS HUGO MEZA PUESTO**



Ciudad Universitaria, México D.F., Enero, 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **JURADO ASIGNADO**

**Presidente:** M. C. Esteban Figueroa Palacios

**Secretario:** M. I. Salvador Díaz Díaz

**Vocal:** Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

**1er. Suplente:** M. I. Marco Tulio Mendoza Rosas.

**2do. Suplente:** M.I. Mauricio Jessurún Solomov

Lugar donde se realizó la tesis: **MÉXICO, D.F.**

Tutor de Tesis

---

Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

**“LA CONSTRUCTIBILIDAD Y SU ADMINISTRACIÓN EN EMPRESAS DE  
INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO”**

Ing. María Teresa Tapia García  
Maestría en Ingeniería con Especialidad en Construcción  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ingeniería  
Asesor: Dr. Jesús Hugo Meza Puesto

## **DEDICATORIA:**

A MIS PADRES:

**MIGUEL TAPIA Y SOLEDAD GARCÍA**

Que siempre me han impulsado para alcanzar la mejor educación.

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A Dios:**

Por haberme permitido alcanzar esta meta.

### **A la Universidad Nacional Autónoma de México:**

Por darme la oportunidad de ser parte de esta prestigiada Institución.

### **Al Pueblo de México:**

Porque a través del Conacyt, me proporcionó el apoyo económico necesario para estudiar este posgrado.

### **A mis Profesores de Maestría:**

Por haber compartido su experiencia y sus conocimientos conmigo.

### **A mi Director de Tesis, Dr. Jesús Hugo Meza Puesto:**

Por su colaboración en el presente trabajo.

### **A mi hermano Miguel Ángel:**

Por brindarme su apoyo en cuestiones académicas.

### **A mi hermana Carmen:**

Por darme su apoyo durante la maestría

A todos esos seres queridos que estuvieron a mí lado, en la travesía para alcanzar este objetivo.

**GRACIAS**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>CONSTRUCTIBILIDAD.</b> .....	<b>9</b>
I.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR. ....	9
I.2. ANTECEDENTES. ....	10
I.3. DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA. ....	15
I.4. CONCEPTOS BÁSICOS. ....	19
I.4.1. ETAPA DE PLANEACIÓN CONCEPTUAL. ....	20
I.4.2. ETAPA DE DISEÑO Y ADQUISICIONES. ....	23
I.4.3. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....	27
I.5. COSTO/BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE UN ESTUDIO DE CONSTRUCTIBILIDAD. ....	29
I.5.1. PARÁMETROS DE LOS COSTOS. ....	29
I.5.2. PARAMETROS DE LOS BENEFICIOS .....	31
I.6. CONCLUSIÓN CAPITULAR. ....	35
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.</b> .....	<b>38</b>
II.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR. ....	38
II.2. MÉTODO. ....	38
II.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN. ....	41
II.3.1. HIPOTESIS .....	43
II.3.2. VARIABLES.....	45
II.4. PROCEDIMIENTO. ....	48
II.4.1. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	49
II.4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA. ....	50
II.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS .....	51
II.4.3. MODELO DE CUESTIONARIO .....	53
II.5. CONCLUSIÓN CAPITULAR. ....	55
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>
III.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR .....	57
III.2. LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO. ....	57
III.3. CONSTRUCTIBILIDAD UNA MEJORA EN MÉXICO .....	60
III.4. ENCUESTA DE CONSTRUCTIBILIDAD .....	62
III.5. RESULTADOS .....	63
III.5.1. BARRERAS QUE SE PRESENTAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCTIBILIDAD. ....	66
III.5.2. CONSIDERACIONES DE PROYECTO .....	71
III.5.3. DISEÑO .....	75
III.5.4. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS. ....	78
III.5.5. IMPACTO EN EL COSTO DE LA OBRA. ....	82
III.5.6. DIFICULTADES EN OBRA. ....	84
III.5.7. CALIDAD Y SEGURIDAD EN EL PROYECTO. ....	90
III.5.8. PROGRAMA DE CONSTRUCTIBILIDAD. ....	91
III.6. CONCLUSIÓN CAPITULAR. ....	95
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>99</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>100</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>107</b>
<b>ANEXO I</b> .....	<b>112</b>
<b>ANEXO II</b> .....	<b>113</b>
<b>ANEXO III</b> .....	<b>119</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se evalúan los resultados de la investigación realizada sobre la constructibilidad y su administración en empresas de proyectos de infraestructura en nuestro país. Lo más importante en el desarrollo de este trabajo es mostrar cual es el nivel de conocimiento que se tiene sobre este tema. Los conceptos de constructibilidad son utilizados en proyectos de construcción con excelentes resultados en otros países de América como son: Estados Unidos, Chile, países de Europa como Reino Unido, España, Australia y países de Asia como China, Indonesia. En todos estos países se han realizado investigaciones sobre el tema y su aplicación, y se ha detectado que ayudan a mejorar la gestión en la construcción de cualquier proyecto, disminuyendo su costo final, lo anterior, por medio de reducir las dificultades en obra, mediante las revisiones del proyecto, durante las etapas de planeación y diseño; estas revisiones se realizan utilizando una óptica constructiva, realizadas por un equipo de profesionales con amplia experiencia en materia de construcción. La aplicación de estos conceptos también ayudan a que los proyectos se terminen dentro del programa estipulado y con un ahorro en el presupuesto establecido.

La industria de la construcción en nuestro país debe de estar a la vanguardia, y para esto, necesita incorporar las prácticas de mejora internacionales para hacer frente a la globalización y a la apertura de mercados. La Constructibilidad es considerada una práctica de mejora internacional por los beneficios que trae consigo su aplicación en los proyectos de construcción, por lo que es recomendable que se considere su implementación en nuestro país.

---

**Palabras claves:**

Constructibilidad, Gestión de la construcción, Planeación, Diseño, Infraestructura, Construcción.

# INTRODUCCIÓN.

## **EXPOSICIÓN DEL TEMA.**

Esta investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la gestión en la construcción de empresas de proyectos de infraestructura en México para justificar la implementación de un programa de constructibilidad.

## **ANTECEDENTES.**

Las empresas dedicadas a obras de infraestructura en México tienden a tener conflictos en la ejecución de los proyectos, derivados generalmente de que el diseño del proyecto no es revisado con una óptica constructiva, es decir, el personal con conocimientos y experiencia en construcción no participa en etapas tempranas del proyecto como son: la planificación, diseño, abastecimiento, entre otras. El Superintendente, quien será el encargado de ejecutar la obra difícilmente se involucra en la etapa de diseño.

En México, usualmente una empresa realiza el diseño del proyecto y otra diferente ejecuta la obra y una tercera la supervisa; debido a esto, no hay una conexión entre el diseño y la construcción del proyecto. Por lo que muchas veces los diseñadores no están de acuerdo en que se revise su trabajo con una visión diferente, ya que lo consideran como una intromisión, y se comportan a la defensiva, debido a que se han comprometido públicamente con los planos y perciben que un cambio podría afectar su credibilidad, olvidándose que esto deriva en retrasos y en incrementos en los costos en la etapa de construcción.

En las obras del sector público, quien es el encargado de revisar el proyecto (si su contrato lo estipula) es la Supervisión, pero no realiza una revisión en cuanto a un análisis de constructibilidad, es decir, solo se enfoca a una comparativa entre el catálogo de conceptos y los planos. Esta estrategia tiene como objetivo

encontrar si el costo de la obra disminuirá o aumentará debido a la mala cuantificación de los conceptos o a su omisión. Por lo que su revisión no es de gran ayuda para mejorar las condiciones de diseño.

Las consecuencias de la mala coordinación entre los diseñadores y constructores, son diversas; una de ellas es que en las obras de infraestructura que se construyen en nuestro país, difícilmente se cumple con el programa de obra establecido en el contrato, cayendo en retrasos que terminan en sanciones económicas; otra de estas consecuencias, radica en el aumento del costo de la obra. Y por último, se añade a éstas una inadecuada gestión en la construcción, en aspectos tan importantes como son: la programación y planificación de la obra, suministro de materiales, y el uso y optimización de facilidades tecnológicas.

En México las dependencias de gobierno, quienes son las encargadas de licitar los proyectos tanto en diseño, construcción y supervisión juegan un papel fundamental en el ciclo de vida del proyecto, por lo que es necesario incluir su participación en este conflicto.

El *CII (Construction Industry Institute) de Texas*, define la técnica de constructibilidad como un sistema para conseguir una óptima integración del conocimiento y experiencia en construcción en las etapas de planeación, ingeniería y construcción, orientado a tratar las particularidades de la obra y las restricciones del entorno, con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto. Entendiendo que el objetivo de este proceso, no está orientado únicamente a buscar la facilidad de construcción del proyecto, sino que este sistema busca la calidad del producto terminado.

Este concepto se ha implementado en países como Estados Unidos, China, Reino Unido, Australia, España, Malasia, Indonesia, entre otros. En Estados Unidos, que es uno de los países pioneros en el tema, se han emitido guías para la constructibilidad.

El CII ha demostrado con estudios, que la aplicación de revisiones de constructibilidad en un proyecto, reduce el costo total y el tiempo de ejecución del proyecto, en un 4.3 por ciento y del 7.5 por ciento, respectivamente. Estos ahorros representaron un rendimiento de 1 a 10 del capital invertido en el programa. Por lo que se ha demostrado que implementar la constructibilidad, genera buenos resultados optimizando la gestión en la construcción, logrando grandes beneficios económicos para la industria de la construcción e incrementando la productividad en los países.

### **OBJETIVOS QUE SE PERSIGUEN CON LA INVESTIGACIÓN.**

- i. Evaluar el estado de la gestión en la construcción, en empresas dedicadas a obras de infraestructura en México, con el fin de identificar acciones que coadyuven a la mejora del proceso, a través de la implementación de los principios de constructibilidad.
- ii. Analizar cuáles son las problemáticas, que se presentan durante la etapa de la ejecución de una obra, por no llevar a cabo una revisión del proyecto con un enfoque de constructibilidad, es decir realizando revisiones durante la fase de diseño.
- iii. Evaluar el nivel de interés que tienen las empresas de la Industria de la construcción de infraestructura en México para adoptar nuevos métodos en su sistema.

### **ESTRUCTURA GENERAL DEL TRABAJO.**

En la presente investigación se analizará el uso de los conceptos de constructibilidad en las empresas dedicadas a obras de infraestructura en nuestro país, así como la presencia de barreras para implementar los componentes de esta herramienta. Así mismo, se pretende analizar la situación de estas empresas, con respecto a su comportamiento dentro de las diversas actividades realizadas

en el área de la gestión en la construcción como son: suministro de materiales y maquinaria, programación, planificación, características del personal, entre otras; ya que es el área en la que la aplicación de la técnica de constructibilidad muestra sus beneficios. De igual manera, se investigará si realmente algunas de las causas de retrasos en el programa y aumento de costos en el monto de la obra se deben a la falta de revisión con óptica de constructor del diseño del proyecto.

Este trabajo consta de cuatro capítulos: en el capítulo 1, se presenta una serie de temas que buscan introducir al lector al concepto de la constructibilidad, las causas que lo inducen, los principios que forman parte de la técnica, los cuales pueden mejorar la constructibilidad de un proyecto, así mismo, se muestran los antecedentes de esta herramienta utilizada ya en otros países y con buenos resultados. El capítulo 2 presenta el desarrollo de la metodología de la investigación, es decir, los pasos que se siguieron para obtener la información necesaria para el desarrollo del presente trabajo. El capítulo 3, contiene el análisis de los resultados obtenidos a través de las encuestas realizadas a las empresas de proyectos de infraestructura participantes. Y por último, en el capítulo 4, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se realizaron en base a los resultados obtenidos

### **JUSTIFICACIÓN.**

En la construcción de obras de infraestructura en México, es conocido que los retrasos en el programa de obra, así como la mayor parte de los sobrecostos, se debe a que se omite en el diseño uno de los objetivos del proyecto, que es: "ser construible", por lo que deben darse a conocer herramientas que son utilizadas en otros países con buenos resultados y que podrían ser adaptables a la situación de nuestro país.

Las obras de infraestructura contribuyen al desarrollo tanto económico, como social de cualquier país. México es un país que requiere una mayor inversión para proyectos de infraestructura, por lo que es conveniente que los recursos que se

destinan a este rubro sean utilizados de la mejor manera, por este motivo se debe considerar adoptar nuevas herramientas que generen ahorros durante el desarrollo del proyecto.

La presente investigación servirá para directivos, gerentes de proyecto, superintendentes de obra, de las entidades, dependencias de gobierno, y constructoras, dedicadas a proyectos de infraestructura en México, que deseen implementar nuevas herramientas en la gestión de los proyectos, con el fin de buscar disminuir los costos y los tiempo de ejecución de las obras.

### **CONSECUENCIAS DESEABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

Es muy importante notar que en la actualidad los proyectos de infraestructura en México, deben involucrar personal con experiencia en construcción en las etapas iniciales del proyecto: (en la planeación y el diseño); y que posean la visión de mejora continua y de constructibilidad, logrando con esto disminuir los problemas que se generen durante la etapa de construcción como son: cambios de proyecto, sobrecostos, retrasos en el programa, etc.

Tanto empresas dedicadas a obras de infraestructura como entidades y dependencias tendrán la posibilidad de adoptar un programa de constructibilidad generando grandes beneficios a la sociedad, así como también una mayor utilidad en todos los proyectos de infraestructura.

## **Capítulo I**

### **CONSTRUCTIBILIDAD.**

#### **I.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR.**

En la práctica cotidiana de la construcción en México, la integración del diseño y construcción en los proyectos de infraestructura, generalmente no se da de forma efectiva; lo que provoca desperdicios y problemas de logística en la etapa de ejecución, debido a las indefiniciones en las etapas previas a ésta. Según estudios recientes, hasta un 25% de los desperdicios en la ejecución se deben a los errores, a la mala toma de decisiones en el proyecto ejecutivo (cuando existe). Todo lo anterior, nos lleva a la necesidad de planear un proyecto con criterio constructivo, es decir, con constructibilidad; lo cual exige ingenio, previsión, conocimientos y experiencia en la construcción. Dicho proceso nos llevará a consumir más tiempo y recursos de oficina, pero reducirá los recursos, el tiempo, y el costo de las indefiniciones durante la ejecución.

El objetivo del presente capítulo es dar a conocer cómo surge y se desarrolla el concepto de constructibilidad en el mundo. Países como Estados Unidos y Rusia son los pioneros en el tema. El concepto de constructibilidad surge cuando investigadores centran su atención en los problemas causados por la falta de una buena gestión durante el ciclo de vida del proyecto de construcción. La constructibilidad se enfoca a la facilidad de construcción de un proyecto, que plantea la participación de profesionales de la construcción desde los inicios del ciclo de vida de un proyecto.

La economía de todo país va ligada a la construcción de infraestructura. Es por eso que surge la necesidad de identificar las causas que llevan a una deficiente gestión en los proyectos, y encontrar prácticas que mejoren la utilidad económica y social de los proyectos. En este capítulo se explica cómo es que algunos estudiosos se encuentran con la necesidad de encontrar mejoras en la

constructibilidad de los proyectos de construcción, lo anterior, desde los diferentes enfoques que son dados por distintas instituciones de investigación en el mundo.

## 1.2. ANTECEDENTES.

El concepto de constructibilidad surgió en Estados Unidos y en Rusia a finales de 1970's. Involucra estudios que tienen como objetivo: buscar mejoras en la constructibilidad y así alcanzar un incremento en la eficacia del costo, lo mismo que en la calidad dentro de los proyectos de la Industria de la Construcción<sup>1</sup>.

El desarrollo del concepto de constructibilidad se ha identificado por las investigaciones realizadas en diferentes partes del mundo y por distintos Institutos como son:

- Asociación de Información e Investigación de la Industria de la Construcción (*CIRIA*) en Reino Unido
- Instituto de la Industria de la Construcción (*CII*) en USA.
- Instituto de la Industria de la Construcción de Australia (*CIIA*).
- Grupo de Investigación del Desarrollo de la Construcción (*BPRG*) de la Universidad de Newcastle en Australia.

En Reino Unido el problema de constructibilidad, fue investigado y revisado intensivamente por casi una década, pero el potencial de los resultados obtenidos no fue aprovechado al máximo. El enfoque tomado por *CIRIA*, considera a la constructibilidad como un problema que surgió simplemente por la división de funciones entre diseñadores y constructores, esto llevo a los investigadores a centrarse en cuestiones técnicas tales como, el diseño detallado, el sitio de la obra y la planeación de la construcción.

---

<sup>1</sup>RICK BEST & GERALD THE VALENCE, Construction, Building in Value, Ed. Butterworth-Heinemann, London England 2002, pág. 112.

La mayoría de los investigadores tienden a ver a la constructibilidad como una función que está dentro de la influencia o el control de los diseñadores. *Illingworth* (1984) fue tan lejos como para sugerir que el problema de constructibilidad fue causado porque los diseñadores resentían que los constructores se involucraran en el proceso de diseño.

Este enfoque estrecho, limitó la habilidad de los investigadores para identificar respuestas satisfactorias a este complejo problema. Durante la Conferencia de Constructibilidad en el *Barbican* en 1983, la única opinión que aboga por un amplio enfoque sistemático de constructibilidad fue la del Diseñador Americano *Robert Feitl* (*Coombs, 1983*).

El *CII* Americano utilizó un diferente enfoque para investigar los problemas de constructibilidad, éste fue realizando investigaciones a partir del estudio de casos de la industria de la construcción, lo anterior, permitió a los investigadores obtener una comprensión holística de las ideas. Obteniendo como resultado de sus investigaciones que las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto pueden relacionarse con las diferentes ideas de constructibilidad<sup>2</sup>. Este equipo de trabajo llegó a dicha conclusión y se caracterizó por estar integrado por personal experimentado en la industria de la construcción con apreciación intuitiva en cuestiones prácticas.

El *CIIA* adopta el modelo operacional del *CII*, usa el enfoque del estudio de casos. En contraste con la estrategia de constructibilidad del *CII*, el *CIIA* propone doce principios que pueden ser relevantes, con diferente énfasis, en las cinco diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto<sup>3</sup>.

La *BPRG* de la Universidad de Newcastle de Australia, tomo un enfoque de la investigación totalmente diferente, su enfoque se centra en la metodología de sistemas. Estas investigaciones empiezan con una conceptualización de la

---

<sup>2</sup> *Ibid*,

<sup>3</sup> Las cinco etapas en el ciclo de vida del proyecto consideradas por el *CII*, son: Planeación Conceptual, Diseño, Procura, Construcción y Operación.

constructibilidad que se deriva de un sistema complejo. Las relaciones complejas que contribuyen a la constructibilidad se modelaron y fueron explicados los principios básicos de este modelo.

Los enfoques de la investigación y los resultados obtenidos por el CII, el CIIA y la BPRG muestran una remarcada convergencia, aunque el trabajo inicial de la BPRG fue conducido muy independiente de los dos Institutos de la Industria de la Construcción.

En general son tres diferentes enfoques, en cuanto a las investigaciones desarrolladas sobre constructibilidad, pero para la realización de este trabajo se tomará en cuenta el enfoque desarrollado por el Instituto de la Industria de la Construcción de Texas, U.S.A., ya que las ideas desarrolladas por este, son las que más serán de utilidad para el desarrollo de mejoras en la industria de la construcción de nuestro país.

Las investigaciones y publicaciones del CII de Texas, se han desarrollado principalmente para la industria de la construcción industrial y comercial. No existe ninguna investigación formal en la construcción infraestructura, ya sea por el CII o por cualquier otra organización. Una búsqueda en la literatura indica que el estado de Texas desarrolló una "Guía para la construcción de carreteras", en 1990 y realizó algunos cambios en las especificaciones utilizando el concepto de constructibilidad. El estado de Washington publicó, un informe técnico titulado "Mejora de Constructibilidad en Proyectos de Carreteras en Washington", en 1991, donde revisó y categorizó miles de cambios de proyecto para identificar los problemas de constructibilidad. Puesto que no hay una línea base para la constructibilidad en obras de infraestructura, los conceptos proporcionados por el CII de la Universidad de Texas para el sector de la construcción, se han adoptado en muchos proyectos de este tipo<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup>Edward E. Douglas, III, Dr. Douglas D. Gransberg, PE CCE , *Implementing Project Constructability, TCM Framework: 11.5 –Value Management and Value Improving* , AACE International Recommended Practice No. 30R-0 Practices (VIP's). Pág. 2, USA 2009.

El tema de los proyectos construibles y los costos asociados a la resolución de problemas en campo se ha discutido en muchas ocasiones. El problema radica en conseguir que los profesionistas, tanto diseñadores como constructores, provenientes de diversas culturas y con objetivos que creen, potencialmente diferentes, puedan trabajar juntos de manera efectiva, es decir como un solo equipo. Un programa de constructibilidad puede proporcionar el mecanismo para integrar un "sentido común", en el diseño y en la construcción de un proyecto. Esta es la necesidad que ha sido reconocida durante mucho tiempo.

La base de este concepto es que el personal experimentado en construcción debe participar en el proyecto, desde las primeras etapas, para garantizar que el enfoque de la construcción y su experiencia puede influir en los propietarios, los planificadores y diseñadores, así como proveedores de materiales. Esto no significa necesariamente que los objetivos del diseño o proyecto se deban cambiar para satisfacer el concepto de constructibilidad, desde el punto de vista de costos. El Programa de Constructibilidad debe ser utilizado como una consideración de diseño, de modo que los mejores resultados ofrezcan lo mejor de ambos mundos.

Como se menciona anteriormente el concepto surge en Estados Unidos y en Rusia, pero se ha ido perfeccionando; en la actualidad se está aplicando en otros países como son España, Australia, China, Malasia, Indonesia, Chile, etc.

En Indonesia, se realizó un estudio entre los contratistas de construcción sobre la aplicación de los conceptos de constructibilidad (Bambang Trigunaryah, 2004). Los resultados de esta encuesta sugieren que aunque, con limitaciones muchos de los contratistas en Indonesia llevan a cabo la aplicación de algunos de los conceptos de constructibilidad en sus proyectos. Los conceptos que normalmente se aplican durante la etapa de construcción fueron la planificación de la secuencia de actividades de campo, y se lleva a cabo un análisis del diseño del acceso al sitio de los trabajos y de las instalaciones temporales.

La participación de los contratistas en la fase de pre-construcción dependerá de la selección del tipo de contratación realizada por el cliente, para llevar a cabo la ejecución del proyecto. Los contratistas en Indonesia mostraron cierta aplicación del concepto de constructibilidad durante la fase conceptual del proyecto, en actividades como: asesorías y sugerencias sobre los sistemas estructurales, la selección de métodos de construcción, la elección de los materiales y la estimación del presupuesto, en la etapa de diseño y adquisiciones. También se involucran en la revisión y el asesoramiento en materia de accesibilidad para el personal, materiales y equipo, y llevan a cabo un análisis y revisión de las especificaciones que tiene como objetivo realizar una construcción más fácil.

La participación del contratista al inicio del ciclo de vida del proyecto de construcción puede llevar a un mejor desempeño de los proyectos y a la disminución de problemas en el sitio de trabajo. Los resultados del estudio apuntan al hecho de que si el contratista participa en las fases de pre-construcción podría reducir los problemas durante la ejecución de la obra. Al mismo tiempo sugieren que es importante para los contratistas que se les proporcionen una entrada oportuna para participar en el diseño del proyecto.

En Malasia se han realizado investigaciones preliminares en las ideas de constructibilidad por Nima, M.A. y Abdur Kadir (2001) y Rosly M.Z. (2004), enfocadas específicamente a la aplicación del concepto durante la fase de diseño. Bambang Trigunaryah (2004) establece que la constructibilidad es un concepto único y en este sentido se genera la necesidad de explorar estas ideas críticas en la industria de la construcción, no solo en Malasia, también en otros países, y especialmente en los países subdesarrollados con el fin de tener una revisión de este desarrollo (Ehsan Saghatfroush, Salihuddin Hasim, 2009).

En Malasia se realizó una investigación (Salihuddin Hasim, 2009) para medir el conocimiento que se tiene sobre las ideas de constructibilidad, entre los constructores de ese país, también se indagó sobre la implementación de este

concepto. La muestra para la encuesta se tomo del grupo G7, una asociación de contratistas que opera en las principales ciudades de Malasia, la investigación se realizó por medio de un cuestionario. El resultado de este estudio muestra que el término constructibilidad ha sido escuchado por la mayoría de los constructores y que son consientes de su aplicación, además el resultado muestra que la participación de las ideas de constructibilidad es reducida durante la fase de planeación conceptual, pero aumenta durante la fase de ejecución del proyecto. Entre los constructores se piensa que las ideas de constructibilidad no son específicamente aplicables para un tipo de proyecto sino que todos los proyectos de construcción deben ser favorecidos con la implementación de este sistema.

### I.3. DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA.

Constructibilidad según el *CII* (Texas 2000) significa mejores proyectos, disminución de costos, mejor productividad, así como una terminación anticipada del proyecto de construcción.

El término constructibilidad no es encontrado en ningún tipo de diccionario. Este concepto es específico de la industria de la construcción y solo tiene significado para quien se encuentra inmerso en este medio. La aplicación de los principios de la constructibilidad mejoran la gestión durante las distintas etapas de un proyecto, este proceso es utilizado cada vez con más frecuencia en distintos países, pero aun falta que muchos profesionales lo incluyan dentro de su vocabulario.

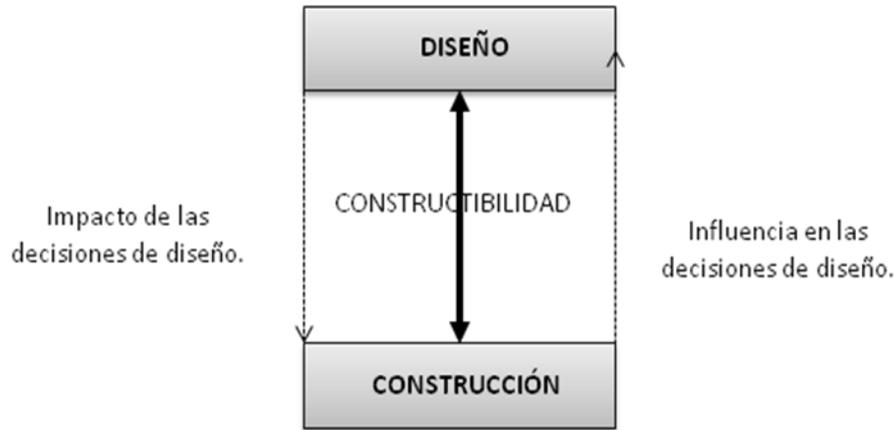
La industria de la construcción siempre ha sufrido una marcada separación entre los procesos de diseño y construcción; éste ha sido un factor característico dentro del desarrollo de un proyecto. Esta división, involucra una serie de factores que contribuyen potencialmente a la ineficiencia de estas dos actividades:

- Documentación inadecuada del proyecto desarrollada durante la etapa inicial del mismo.
- El diseño del proyecto resulta ineficiente y complejo.
- Especificaciones ambiguas.
- Falta de coordinación entre diseñadores, contratistas, subcontratistas y otros consultores.

El CIRIA (*The Construction Industry Research and Information Association*) en Reino Unido, definió en 1983 el concepto de constructibilidad como “La medida en la que el diseño facilita la construcción estando sujeta a todos los requerimientos necesarios para llevarla a cabo”<sup>5</sup>. El modelo de CIRIA es muy estrecho, ya que su ámbito de aplicación lo enfoca únicamente a la relación entre diseño y construcción (Figura 1), resultando un límite bastante restrictivo, puesto que considera la constructibilidad como una actividad propia del diseño orientada a la producción. Existe una limitante en este sentido ya que si su radio de aplicación es demasiado amplio, la constructibilidad se reduce a un conjunto de reglas con una muy pequeña implementación práctica y si son muy reducidos no se desarrolla el potencial que conlleva una herramienta como esta.

---

<sup>5</sup> RICK BEST & GERALD THE VALENCE, *Construction, Building in Value*, Ed. Butterworth-Heinemann, London England 2002. pág. 112.



**FIGURA 1.** El ámbito de la constructibilidad definido por CIRIA<sup>6</sup>

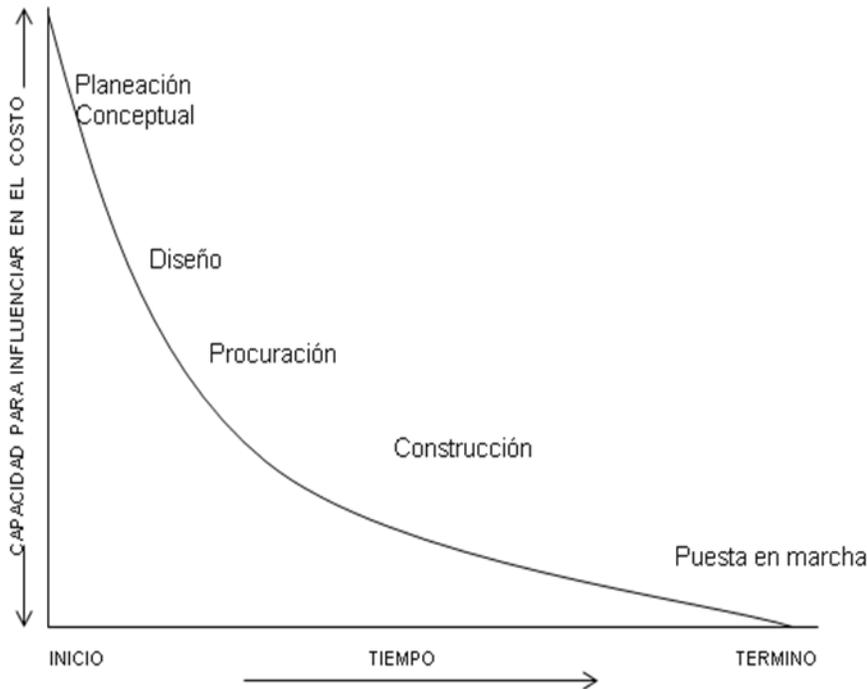
Casi en la misma época, en Estados Unidos, el CII (*Construction Industry Institute*) propuso una definición de constructibilidad con un alcance más amplio que el enfoque de CIRIA, que define esta técnica como: “un sistema para alcanzar la integración óptima de los conocimientos y experiencia en construcción, en las etapas de un proyecto como son: planeación, ingeniería, procuración (abastecimiento) y en el terreno de operaciones, orientado a tratar las particularidades de la obra y sus limitaciones dentro del medio ambiente, con la finalidad de alcanzar la maximización de los objetivos y el funcionamiento del proyecto”.<sup>7</sup>

Dentro de un proyecto, la participación del conocimiento y experiencia en construcción en todas las actividades preliminares ayudan a una operación más eficiente y eficaz en campo, durante la etapa de construcción, de esta manera es posible prever problemas que puedan ocurrir en la obra y así tomar las medidas necesarias que proporcionen las soluciones de manera anticipada, es decir durante la etapa de diseño o planificación.

<sup>6</sup> DENNY McGEORGE, ANGELA PALMER, *Construction Management*, Edit. Blackwell Science, USA 2002. Pág. 55.

<sup>7</sup> RICK BEST & GERALD THE VALENCE, *Construction, Building in Value*, Ed. Butterworth-Heinemann, London England 2002, pág. 115.

El CII adopta esta definición y postula que los máximos beneficios ocurren cuando profesionales con conocimientos y experiencia en construcción empiezan a involucrarse en las primeras etapas de un proyecto. Conceptualmente el máximo beneficio es medido por la capacidad de influenciar en el costo<sup>8</sup>, (Figura 2).



**FIGURA 2.** Curva de influencia en el costo final en el ciclo de vida del Proyecto.

El aporte de los profesionales de la construcción, puede darse en cualquier etapa de un proyecto. Mientras más temprana sea su incorporación en el proyecto, mayores serán los beneficios que se obtendrán (Free CPD, 2004).

La constructibilidad es una práctica muy eficiente para lograr una mejora en la gestión de proyectos de construcción, práctica que captura los conocimientos

<sup>8</sup> THE CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE CONSTRUCTABILITY TASK FORCE, Preview of Constructability Implementation, The University of Texas at Austin, Junio 2004, Pág. 1.

operacionales, no solo para aplicarlos en la etapa de construcción, sino sobre todo para aprovecharlos en etapas de inicio y de niveles estratégicos?

La constructibilidad resulta una herramienta de gran utilidad durante todas las etapas del proyecto.

#### I.4. CONCEPTOS BÁSICOS

La constructibilidad tiene su base en trece conceptos que se presentan en forma detallada. Los primeros seis están relacionados con la fase de planificación conceptual de un proyecto. Los siete restantes se relacionan con la fase de diseño y adquisiciones. Además, también se incluye un conjunto de conceptos específicos para la etapa de construcción.

Los proyectos que promueven el uso de constructibilidad tienen cuatro características en común:

1. Los Propietarios y Gerentes (diseño y construcción), están comprometidos con la eficacia del costo durante el ciclo de vida del proyecto y reconocen el alto costo de la toma de decisiones dentro del proyecto.
2. Los administradores del proyecto, usan la constructibilidad como una herramienta, para alcanzar los objetivos del proyecto en costo y programa.
3. Estos administradores incorporan anticipadamente la experiencia de construcción, es decir, involucran al personal adecuado, especializado en el área de construcción y con una vasta comprensión de lo que es llevar un proyecto planeado, diseñado y construido.
4. Los diseñadores o proyectistas son receptivos a la mejora de la constructibilidad.

---

<sup>9</sup> ING. PABLO ORIHUELA A. Y ARQ. JORGE ORIHUELA A. *Constructabilidad en Pequeños Proyectos Inmobiliarios*, VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario – M.D.I. Perú 2003.

### I.4.1. ETAPA DE PLANEACIÓN CONCEPTUAL.

En los siguientes párrafos se explica brevemente los seis conceptos que deben considerarse para mejorar las actividades de la etapa de planeación así como la toma de decisiones durante la misma.

#### A) LOS PROGRAMAS DE CONSTRUCTIBILIDAD FORMAN PARTE DE LOS PLANES DE EJECUCIÓN DE UN PROYECTO.

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

El plan de ejecución debe incluir: la organización, los procedimientos operativos, el programa, el presupuesto y por último la estrategia general del proyecto. Al desarrollar este plan, se debe tomar en cuenta la manera en que afecta tanto a los diseñadores como a los constructores; ya que generalmente éstos desarrollan de manera independiente sus programas dejando de lado el que se afecte a la otra parte.

Existen varios aspectos en que los programas de constructibilidad contribuyen a la efectiva ejecución de un proyecto:

1. Ayudan a establecer las metas y objetivos del proyecto.
2. Aportan una manera lógica y sistemática de integrar diseño y construcción.
3. Proveen de un mecanismo para obtener experiencia en construcción a medida que se necesita.
4. Mejoran la comprensión del diseño por parte del personal de construcción:

B) LA PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO INCORPORA EL CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA DE CONSTRUCCIÓN EN FORMA ACTIVA.

Este concepto se refiere al objetivo de alcanzar 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 cual es la mejor manera de reducir costos o mejorar la calidad de la obra.

Existen factores que pueden afectar el costo y plazo de ejecución, que llegan a ser omitidos involuntariamente durante la etapa de planificación, algunos de estos son:

- Disponibilidad de materiales.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Costo de la mano de obra.
- Costo de transporte.
- Capacidad de la planta, etc.

C) LA ANTICIPADA PARTICIPACIÓN DE PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN ES CONSIDERADA DENTRO DEL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN.

Este concepto se refiere a que generalmente el dueño del proyecto establece su estrategia de contratación; es decir, decide el esquema contractual, si el proyecto será contratado a precio alzado o por precio unitarios, o si prefiere dejar la responsabilidad en un solo contratista. Finalmente la estrategia de constructibilidad, específica para un proyecto está dada, por las condiciones de trabajo y por los objetivos del proyecto.

Cuando se tiene definido el tipo de contratación con el que se va a realizar el proyecto se podrá establecer de que manera entrará la constructibilidad.

D) LOS PROGRAMAS GENERALES DEL PROYECTO SON SENSIBLES A LA CONSTRUCCIÓN.

Este concepto establece que la fecha de término de los proyectos y los requerimientos de la fase de construcción deberían ser los elementos centrales de un plan para optimizar los costos y programas del proyecto.

Durante la fase de planificación se establece una programación para el proyecto en general, para optimizar tiempo y costo de manera global y lograr los plazos requeridos por el cliente, por otro lado el diseño, las adquisiciones y la construcción tiene su propio programa, pocos proyectos tratan de alcanzar la optimización de todo el proceso y hacerlo de manera conjunta.

En el proceso de planificación frecuentemente se usa la técnica de programación llamada FORWARD PASS<sup>10</sup>, pero para lograr los beneficios de la constructibilidad, se debe requerir que todos los programas de los proyectos sean determinados usando BACKWARD PASS<sup>11</sup>.

E) LAS MODALIDADES DE DISEÑO BÁSICO, TOMAN EN CUENTA LOS PRINCIPALES MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Cuando se quiera lograr métodos constructivos eficientes, deben considerarse durante el desarrollo del diseño, tratándolos como eje central y generalmente deben estar orientados a facilitar la construcción, consiguiendo que ésta sea más eficiente y económica.

Los principales temas de análisis, considerados por la constructibilidad como importantes en el diseño son los siguientes:

---

<sup>10</sup> Se satisfacen primero los plazos de planificación, diseño y adquisiciones y se deja lo que queda a la construcción.

<sup>11</sup> Se programa considerando desde la fecha de termino hacía atrás, asignando el suficiente tiempo para la construcción y basándose en un análisis del balance requerido en los tiempos asignados a cada una de las etapas.

- Uso del concepto de modularización-prefabricación.
- Sistemas de excavación en diferentes condiciones
- Sistemas de cimentaciones y su impacto en las operaciones de construcción que le siguen.
- Uso de pre-ensamblaje o pre-armado como una solución constructiva.

F) LA DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES EN EL TERRENO DEBEN PROMOVER UNA CONSTRUCCIÓN EFICIENTE.

Este concepto considera que la distribución, tanto de las instalaciones permanentes como de las temporales es un factor importante cuando se quiere lograr la eficiencia de la construcción.

Es importante considerar una efectiva y planeada distribución de instalaciones en el terreno para facilitar las actividades de construcción, consecuentemente reducir las pérdidas de productividad y reducir los costos en muchas formas, como por ejemplo:

- Proporcionar un espacio adecuado y específico para almacenamiento y talleres de trabajo, y una localización conveniente tomando en cuenta el sitio de trabajo.
- Facilitar el acceso de equipos, materiales y personal.
- En donde existan alternativas económicas, evitar tipos de construcción complejos y de alto costo, como trabajos subterráneos, elevados, o adyacentes a construcciones existentes. Evitar la construcción bajo agua siempre que sea posible.

#### I.4.2. ETAPA DE DISEÑO Y ADQUISICIONES.

Similarmente, se tienen siete conceptos básicos que son generalmente aplicables en las fases de diseño y adquisiciones dentro de un proyecto de construcción:

A) LOS PROGRAMAS DE DISEÑO Y ADQUISICIONES SON SENSIBLES A LA CONSTRUCCIÓN.

La planificación inicial o conceptual de cualquier proyecto debe buscar siempre la optimización de todos los programas para con esto lograr el máximo beneficio global. Esta optimización generalmente está centrada en aspectos de costo o plazo. Si se hace una comparativa de costos de las etapas de un proyecto se puede decir que el alto costo relativo a la etapa de construcción comparado con el de diseño y adquisiciones, generalmente debiera dar a la construcción el mayor peso en la optimización de la programación. La planificación de proyectos debería considerar estas relaciones y valores de costo tan pronto como sea posible. La no consideración del programa de construcción es un costoso error de la administración.

B) LOS DISEÑOS ESTÁN ESTRUCTURADOS PARA PERMITIR UNA CONSTRUCCIÓN EFICIENTE.

Este concepto enfatiza la incorporación de la constructibilidad en las actividades de diseño. El resultado deseado es facilitar el intercambio de ideas entre los profesionales de construcción y diseño, antes de que se lleven al papel las actividades de este ultimo.

Durante la conceptualización de una obra se generan planos y especificaciones en cada disciplina de diseño. La idea es aplicar la constructibilidad para analizar cuidadosamente la distribución espacial de la obra, su facilidad de mantenimiento posterior, su operatividad y seguridad, etc., con el objeto de incorporar los resultados al diseño.

Hay varios factores que debieran estar presentes durante los análisis de constructibilidad, estos son: la simplicidad, la flexibilidad<sup>12</sup>, secuencia<sup>13</sup>, sustituciones<sup>14</sup> y disponibilidad de mano de obra<sup>15</sup>

C) LA CONSTRUCTIBILIDAD SE MEJORA CUANDO EL DISEÑO SE HACE A TRAVÉS DE ELEMENTOS ESTANDARIZADOS.

Este concepto tiene como eje central la obtención de beneficios en términos de costos y programa a través del uso de la estandarización de elementos, un proceso mediante el cual se logra que los elementos de un proyecto sean regular y ampliamente usados, estén disponibles o sean rápidamente aprovisionados.

La estandarización resulta a través de los esfuerzos del personal de diseño y mediante la aplicación del conocimiento y la experiencia en construcción.

D) LA CONSTRUCTIBILIDAD ES MEJORADA CUANDO LA EFICIENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN ES CONSIDERADA EN EL DESARROLLO DE ESPECIFICACIONES.

Este concepto aborda la incorporación del conocimiento de construcción durante el desarrollo de las especificaciones. Esto puede contribuir significativamente a la generación de especificaciones que promoverán la eficiencia de las operaciones de construcción en campo.

---

<sup>12</sup> Es deseable que el personal de construcción en campo pueda seleccionar métodos alternativos e innovadores.

<sup>13</sup> Muchas veces los diseñadores se dan cuenta demasiado tarde que se ha dejado totalmente bloqueado el acceso al lugar en donde se tiene que ejecutar una operación. La planeación de la obra no debería limitar o restringir la secuencia de instalaciones o actividades.

<sup>14</sup> O alternativas que merezcan atención evitando el “siempre se hace de esta manera”.

<sup>15</sup> La disponibilidad de mano de obra y el nivel de especialización de los trabajadores deben ser acuciosamente explorados.

E) LA PREPARACIÓN DE DISEÑOS MODULARES O PRE-ENSAMBLADOS FACILITA LA FABRICACIÓN, TRANSPORTE E INSTALACIÓN, MEJORANDO LA CONSTRUCTIBILIDAD.

El pre-ensamble o pre-armado corresponde al proceso en el cual varios materiales, componentes prefabricados y/o equipos, son unidos en una ubicación remota, para una subsecuente instalación en terreno como una sola unidad.

La modularización corresponde a productos que resultan de operaciones remotas de armado, que pueden incluir porciones de muchos sistemas. Generalmente, es la unidad ó componente transportable de mayor tamaño de una instalación u obra. La decisión de utilizar alguna de estas dos alternativas se debe tomar en la etapa de planeación conceptual del proyecto.

F) EL DISEÑO DE LOS PROYECTOS DEBE CONSIDERAR LA ACCESIBILIDAD DEL PERSONAL, MATERIALES Y EQUIPOS AL LUGAR DE LA CONSTRUCCIÓN.

La accesibilidad de trabajadores, materiales y equipos al área de trabajo es otro factor que debe ser considerada en el diseño. Las consecuencias de una pobre accesibilidad pueden ser muy serias; puede provocar grandes demoras, baja productividad y errores durante el desarrollo del trabajo. Por lo tanto, es necesario realizar estudios de accesibilidad que eviten los problemas mencionados.

Algunas recomendaciones generales para asegurar una adecuada accesibilidad incluyen:

- Promover distancias cortas y movimientos fáciles para el acceso de los trabajadores a los sitios de trabajo.
- Los sistemas de transporte, tanto vertical como horizontal, deben permitir un acceso rápido a los puestos de trabajo.
- Las áreas de almacenamiento deben permitir un traslado fácil de materiales y equipos a los lugares de trabajo.

- El diseño debe permitir un fácil acceso durante la construcción, como también durante la operación y mantenimiento de las obras.
- Se deben considerar posibles atrasos en la llegada de equipos mayores, de modo que de producirse esta situación, su instalación no afecte al resto de las actividades de la obra.
- La distribución de obras subterráneas debe considerar necesidades de tránsito de equipos pesados por las vías de acceso establecidas.
- Se debe estudiar adecuadamente la coordinación del trabajo de varias cuadrillas o subcontratistas en espacios reducidos.

#### G) EL DISEÑO FACILITA LA CONSTRUCCIÓN BAJO CONDICIONES ADVERSAS DE CLIMA.

Los proyectos construidos en localidades donde las condiciones climáticas son adversas, en el momento del diseño se deben considerar las restricciones que se encontraran en la etapa de construcción. Los diseñadores deberán investigar formas mediante las cuales la exposición a temperaturas extremas o los efectos de la lluvia puedan ser minimizados.

#### I.4.3. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Como se vio anteriormente, es importante incorporar la experiencia a las etapas previas a la construcción, pero también se debe aplicar a ésta como un medio para mejorar la eficacia de las operaciones en campo. Un método de construcción corresponde a la manera técnica en que se utilizan varios recursos de construcción. Un método innovador es aquel que no es considerado como una práctica común y que representa una solución creativa a las dificultades que se presentan en campo. Estas innovaciones pueden ser muy variadas, y generalmente son pequeños progresos o ideas que se van incorporando a los métodos existentes. En otros países más desarrollados las empresas constructoras disponen de bibliotecas en donde almacenan estas innovaciones para su uso en otras aplicaciones o en nuevas obras.

Aspectos o recomendaciones que promueven una mejor constructibilidad en campo son las siguientes:

- Mejores secuencias de ejecución de tareas.
- Uso innovador de materiales y sistemas de construcción.
- Desarrollar o adaptar herramientas o equipos cuando sea conveniente
- Asignar el recurso humano en forma efectiva, para aprovechar estandarización y repetición.
- Evaluar permanentemente nuevas alternativas de construcción.
- Usar los métodos y materiales más apropiados a las características y condiciones del proyecto
- Utilizar una planificación detallada para evitar congestión y mantener rutas de acceso abiertas
- Utilizar métodos de trabajo que permitan continuar cuando otras actividades se interrumpen o atrasan.
- Controlar con más énfasis aquellos trabajos altamente sensibles a problemas de calidad.

La esencia de este enfoque es que la constructibilidad puede ser mejor, aprovechando el conocimiento en construcción de los participantes para maximizar oportunidades y desarrollar mejores opciones y así satisfacer los objetivos del proyecto con la coordinación y también adoptando procesos de revisión colectiva.

La aplicación de la constructibilidad para proyectos de arquitectura y plantas de tratamiento de aguas residuales, se ha utilizado por décadas. No obstante el uso en proyectos de infraestructura es nuevo<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Edward E. Douglas, III, Dr. Douglas D. Gransberg, PE CCE , *Implementing Project Constructability, TCM Framework: 11.5 –Value Management and Value Improving* , AACE International Recommended Practice No. 30R-0 Practices (VIP’s). Pág. 2, USA 2009.

En este tipo de proyectos la constructibilidad es pensada como parte integral del proceso, donde éste es dividido en tres etapas: planeación, diseño, y construcción.

### **I.5. COSTO/BENEFICIO DE LA APLICACIÓN DE UN ESTUDIO DE CONSTRUCTIBILIDAD.**

Cuando una empresa contempla la introducción de un nuevo proceso en su práctica habitual, el costo y los beneficios son siempre una consideración. El proceso de revisión de constructibilidad no es una excepción. Sin embargo, lamentablemente hasta la fecha no ha habido una medida eficaz desarrollada para determinar los costos de realizar estudios de constructibilidad. Así mismo, la medición de los beneficios de esta herramienta, ha sido un problema, excepto por los resultados anecdóticos.

Las mejoras de un programa de constructibilidad dependen de las mediciones precisas y concordantes de su eficacia. Por lo tanto, existe la necesidad de los parámetros del costo/beneficio estandarizados de medición para que el rendimiento de constructibilidad pueda ser documentado y comparado entre los proyectos y entre las empresas del ramo. En esta sección se describe un marco simplificado para la identificación y cuantificación de los costos y beneficios derivados de la aplicación de constructibilidad a nivel de proyecto.

#### **I.5.1. PARÁMETROS DE LOS COSTOS.**

Para cuantificar los costos de la implementación de la constructibilidad a nivel de proyecto, es necesario un marco de estimación de costos. Los Parámetros de los gastos consisten principalmente en los gastos de personal y artículos diversos. Los costos de constructibilidad en el proyecto se pueden determinar como indica la ecuación (1):

$$TC = \sum_{i=1}^n \left[ (PS_i) \left( \frac{P_i}{100\%} \right) \times t_i \right] + \sum_{j=1}^m M_j \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

TC = El costo total de los esfuerzos de constructibilidad para un proyecto dado medido en pesos, n = Número de personal involucradas, PS = El monto del salario del personal "i" involucrado en la implementación de la constructibilidad, donde i= 1,2,3...n; P = la parte del sueldo del personal relacionada con constructibilidad medida como un porcentaje (por ejemplo el 20%); t = tiempo determinado en meses que cada persona es requerida; m = numero de partidas de diversos gastos, donde j = 1,2,3...m; y Mj = valor de los gastos.

Personal (PS<sub>i</sub>) puede incluir a un coordinador del proyecto para constructibilidad, equipo de constructibilidad, (por ejemplo gerente de construcción, representantes del propietario, ingenieros de proyecto, ingenieros de especialidad, los superintendentes de construcción, ingenieros de construcción, especialistas en adquisiciones, proveedores, subcontratistas, personal de control de calidad, y especialistas en instalaciones como: aire acondicionado, hidráulica, sanitaria, concreto, instrumentación, ingeniería eléctrica, estructural, soldadura, transporte y equipos, entre otros. Este personal puede participar en múltiples fases del proceso del ciclo de vida del proyecto. Varios Costos (M<sub>j</sub>) pueden incluir llamadas telefónicas, viajes y gastos de oficina necesarios para apoyar al personal.

En el nivel de organización, el costo total de constructibilidad se puede medir utilizando la ecuación (2)

$$TCC_k = \sum_{i=1}^n TC_j + CCP \dots\dots\dots (2)$$

Donde TCC<sub>k</sub> = El costo total de constructibilidad a nivel corporativo medido en pesos, n = número de proyectos; TC<sub>j</sub> = el costo total en pesos para la implementación de un programa de constructibilidad en un proyecto "j", donde j = 1, 2,3...n; y CCP = costo total del programa de constructibilidad en pesos. CCP

incluye el costo del inicio, y del mantenimiento del programa de constructibilidad a nivel corporativo.

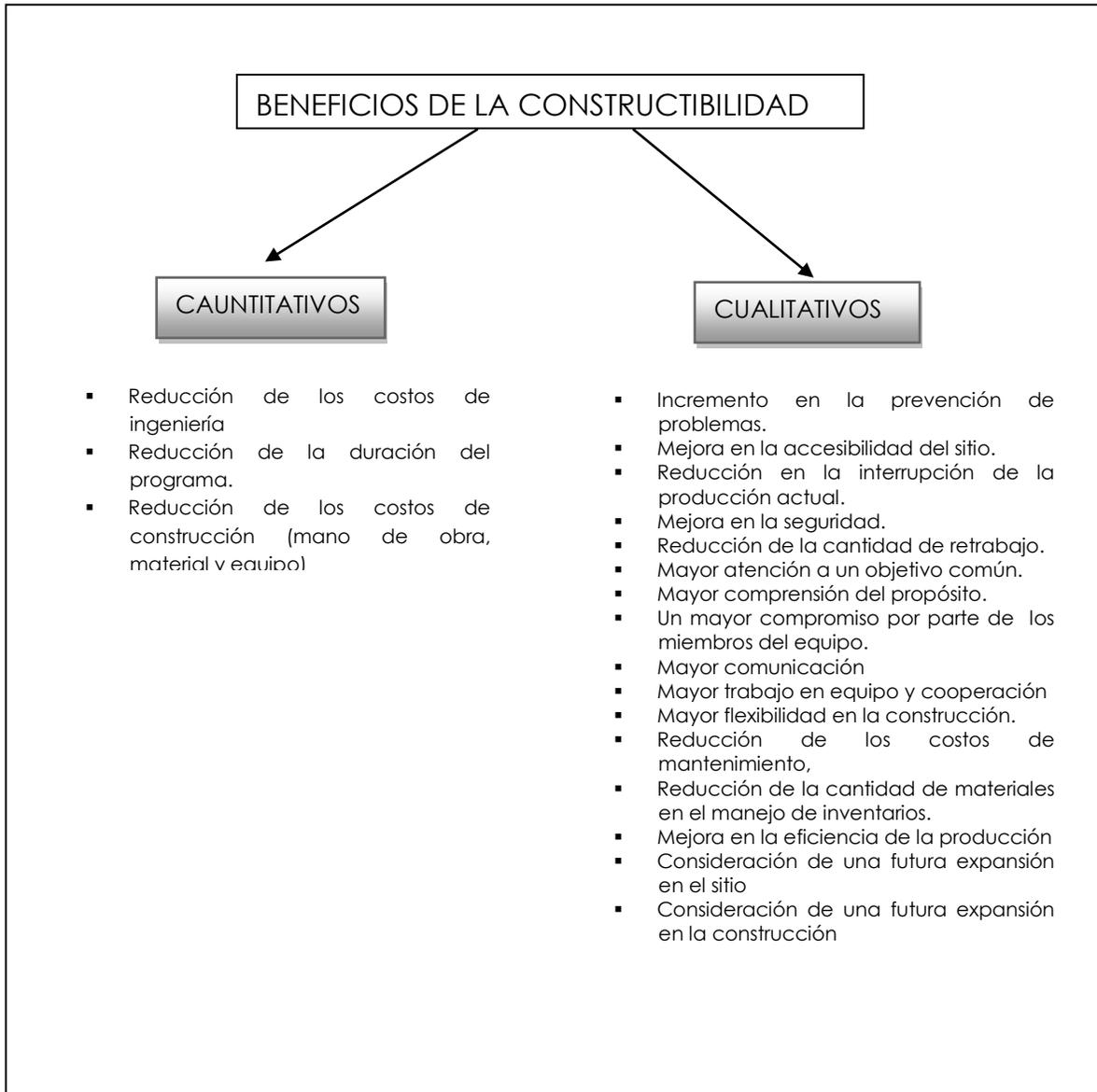
Los elementos del costo incluyen programas, hardware y software que contengan la base de datos de las lecciones aprendidas, herramientas de análisis de constructibilidad, y un coordinador de constructibilidad corporativa (Russell y Gugel 1993). Ejemplos de valores del costo de un programa de constructibilidad tanto a nivel proyecto como a nivel de organización se puede encontrar en Russell y Gugel (1993).

### **I.5.2. PARAMETROS DE LOS BENEFICIOS**

Una preocupación común entre los constructores, es la dificultad de estimar con precisión el valor o el beneficio de la participación del personal con conocimientos de construcción en las etapas iniciales del proyecto. Los beneficios se pueden medir a través de las ideas documentadas de constructibilidad que se aplican en la práctica. Es relativamente sencillo realizar el seguimiento del costo de diseño, mano de obra y materiales usados para completar una alternativa de diseño determinado. Sin embargo la Constructibilidad, implica la generación de ideas que optimicen el proceso de construcción. Por lo tanto, la pregunta es, ¿cómo calcular el valor de esas ideas? La Figura 3 presenta un marco para determinar los beneficios derivados de la aplicación de la constructibilidad. Estos beneficios se clasifican en cuantitativos o cualitativos.

Los beneficios cuantitativos conducen a una reducción en los costos de ingeniería, en los costos de construcción, y en la duración del programa. La magnitud de los beneficios medidos en pesos de ahorro, varía; las decisiones estratégicas tienen el mayor impacto en los costos de diseño y construcción y en el programa del proyecto. La reducción de los costos en la ingeniería puede ocurrir a través de la utilización de elementos de construcción estándar y del uso del diseño detallado. Los costos de construcción se pueden reducir mediante el

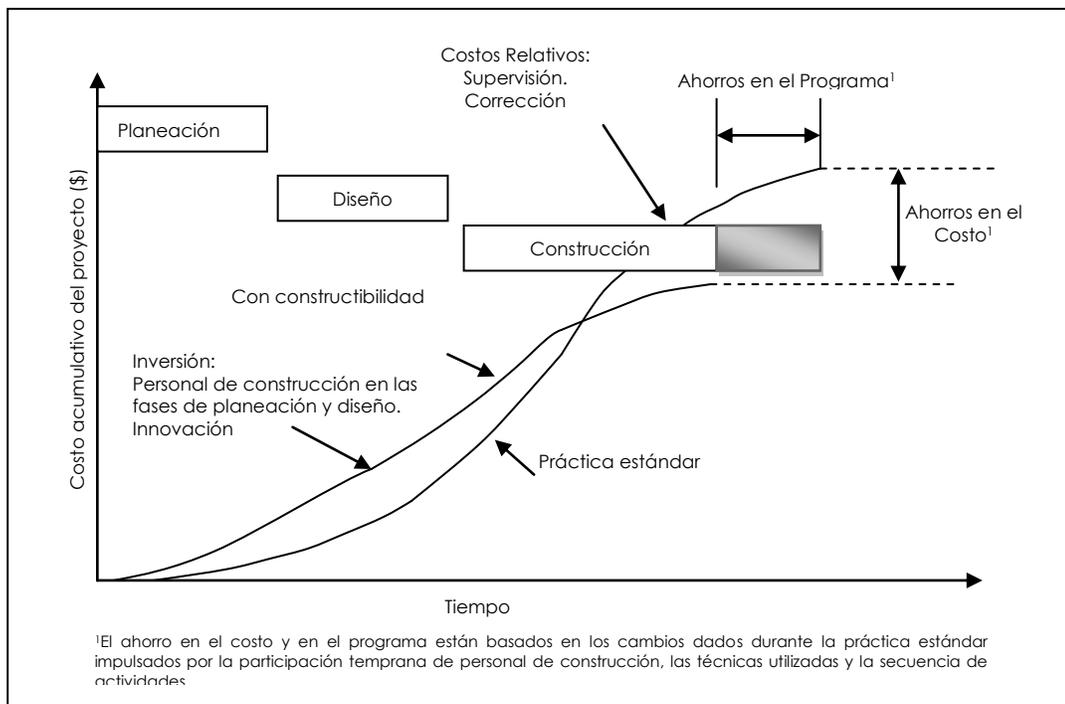
uso de mano de obra de manera más eficiente a través de la prefabricación, montaje previo, las técnicas modulares, y el uso eficiente de materiales de construcción, equipo mecanizado y herramientas de mano.



**FIGURA 3.** Marco para determinar los beneficios de la aplicación de la constructibilidad

Los factores clave que deben considerarse para el diseño, los costos de construcción, y la duración programada del proyecto, incluyen la estrategia de contratación (precio alzado o precio unitario), los métodos y las técnicas utilizadas en construcción, y la secuencia de actividades. La medición del efecto de estos factores se puede obtener mediante la determinación del impacto del cambio de la práctica estándar. En la Figura 4 se ilustra cómo las consideraciones previas de estos factores afectan los costos y el ahorro programado.

Los beneficios cuantitativos se pueden estimar mediante la evaluación de los ahorros de costos, comparándolos con la práctica habitual, para cada idea generada a través de constructibilidad. La implementación de la Constructibilidad a menudo resulta en la disminución de la duración del programa. El ahorro directo puede provenir de (1) utilización de menos material, (2) disminución de las horas de trabajo, (3) disminución del alquiler del equipo y/o la operación, (4) disminución de gastos generales, y (5) el logro de incentivos en el contrato, si es viable.



**FIGURA 4.** Evaluación de los ahorros en el costo y el programa

Para el cálculo de los beneficios cuantitativos totales, se estiman los beneficios para cada idea de constructibilidad, se suman para cada proyecto y al final se realiza una comparativa con los costos de constructibilidad. Esta relación costo/beneficio puede ser una medida de la eficacia y/o el vencimiento del programa de constructibilidad. Los estudios de casos de proyectos pasados hablando de proyectos de la industria petroquímicas y construcción en general han demostrado la relación costo/beneficio superior a 1:10 (Russell et al. 1992a).

Cuantificar con precisión los beneficios atribuibles a la constructibilidad no es posible, especialmente cuando se consideran las ventajas cualitativas que se muestran en la Figura 3. Entre los más importantes beneficios cualitativos tenemos el evitar los problemas a través de una mayor comunicación, cooperación y respeto entre los participantes, y el trabajo en equipo. Evitar problemas es difícil de medir debido a muchos factores interrelacionados que contribuyen a disminuirlos. Es difícil identificar y separar el impacto de cada factor. Por ejemplo los factores incluyen: capacidades dentro del nivel de gestión de proyectos, el nivel de habilidad de la mano de obra, la utilización del equipo, y las condiciones meteorológicas. Por lo tanto, el valor económico de evitar problemas es difícil de cuantificar.

Un ejemplo de evitar problemas estaba relacionado con procedimientos de soldadura para una instalación de producción de gas por sus propietarios, diseñadores y gestores (Russell et al. 1992). Los procedimientos de soldadura son normalmente presentadas durante la fase de construcción y, a menudo retrasa la instalación de tubería debido al tiempo invertido en el proceso de aprobación. Como resultado de discutir esto con el equipo de constructibilidad, los procedimientos de soldadura se proporcionaron meses antes del inicio de la construcción, eliminando posibles retrasos en la construcción

La seguridad y la calidad están relacionadas con los objetivos del proyecto. La implementación de la Constructibilidad puede mejorar el rendimiento de seguridad en un proyecto a través, de utilizar técnicas como el montaje,

premontaje, la prefabricación, la modularización reduciendo la cantidad de trabajo a través de andamios. (Russell et al. 1992).

Más allá de los beneficios cuantitativos documentados de la constructibilidad, los beneficios cualitativos en sí mismos son sustanciales. Por lo tanto, los beneficios no documentados, por lo general se subestiman. Utilizando el marco, de una relación costo-beneficio se puede calcular si se refleja la eficacia o el vencimiento de un programa de constructibilidad. Esta metodología ofrece a los propietarios los parámetros de medición visible y facilita estimaciones coherentes y uniformes de los ahorros de constructibilidad. Por lo tanto, este marco puede eliminar el escepticismo del propietario para el proceso de medir el ahorro.

## **I.6. CONCLUSIÓN CAPITULAR.**

A diferencia de lo que ocurría en la antigüedad cuando el diseñador y el constructor se fundían en un solo ente para realizar un proyecto, en la actualidad la creciente especialización entre las profesiones ha separado las labores de diseñar, calcular y construir, hasta llegar a convertirlas en disciplinas ajenas. No hay duda de que la segmentación de tareas trae consigo enormes beneficios en términos de eficiencia y productividad. Sin embargo esto no puede, ni debe implicar una total desconexión entre profesionales como en la práctica ocurre. La extrema disociación trae consecuencias muy graves para la calidad del proyecto y para la ejecución del proceso constructivo, las que por supuesto son asumidas por el costo del presupuesto.

La constructibilidad es considerada como una técnica de administración que se incorpora como un programa de mejoramiento continuo en el área de construcción cuya finalidad es integrar el diseño con la construcción como tal, incorporando la experiencia y el conocimiento constructivo en etapas tempranas del ciclo de vida del proyecto, ayudando en la coordinación de éste desde la planeación hasta el cierre del proyecto.

La constructibilidad es una estrategia natural que busca sistematizar las prácticas de mejora en el ciclo de vida de los proyectos de construcción. La constructibilidad es una estrategia que busca el trabajo en equipo de los involucrados en el ciclo de vida de un proyecto.

## **Capítulo II.**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **II.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR.**

La industria de la construcción es un factor importante para el desarrollo de un país, ya que su crecimiento va ligado a la economía, y mejora las condiciones sociales de los habitantes de dicho país; por lo que el presente trabajo busca dar a conocer mejoras para aplicarlas a este tipo de industria en México, realizando una investigación de campo, cuyo objetivo es ayudar a definir el estatus en el que se encuentran la gestión de la construcción en México en los proyectos de infraestructura. Para alcanzar los objetivos de este proyecto, se utilizó una metodología que se describe paso a paso en el presente capítulo.

En este capítulo se definen las bases con las que se llevo a cabo la investigación de campo. Se especifica el camino que se siguió, tomando en cuenta principalmente el planteamiento del problema, así como los elementos que dan vida a las hipótesis expuestas, al igual que a las diferentes variables involucradas en éstas.

En el presente capítulo se enlistan los elementos que se utilizaron para obtener la información que hacen posible el desarrollo del presente trabajo.

#### **II.2. MÉTODO.**

La metodología es el camino que se sigue para alcanzar el objetivo. El método que guio la presente investigación tomó como primer paso, dar a conocer los antecedentes del tema. Entender el concepto y los principios de constructibilidad es importante, ya que finalmente ayudan a entender los motivos de la investigación.

Otro factor a considerar, es el objeto de que México es un país en vías de desarrollo y por este hecho se tarda más en adoptar nuevas tecnologías o métodos que pueden ayudar en el desarrollo de la industria de la construcción. Aun la cultura de la calidad y el ahorro de recursos en las obras de infraestructura no están promovidos; no se siente que los profesionales de la construcción busquen nuevos métodos para mejorar las prácticas actuales en esta industria y con esto ubicarse en la vanguardia de la tecnología.

La metodología utilizada en el presente trabajo de investigación se inicia con la búsqueda de soluciones, soluciones que verdaderamente nos ayuden a integrar a los profesionales de ingeniería que participan en un proyecto con los integrantes del equipo de construcción.

La recopilación de la información a través de encuestas es una etapa muy importante en el presente trabajo, el objetivo de estas encuestas es analizar la información recabada en conjunto y poder emitir ideas que nos ayuden a diagnosticar el estado en el que se encuentra la industria de la construcción dedicada a las obras de infraestructura, en nuestro país, en relación con la gestión en la construcción.

La recopilación de la información por medio de los cuestionarios es difícil cuando se presentan barreras para obtenerla, debido a la falta de disponibilidad de los profesionales que pudieran tener una visión amplia del presente problema debido a su vasta experiencia, la cultura es una parte importante en este paso de la investigación.

Los proyectos de infraestructura en México como en todos los países presentan muchos problemas desde el inicio, es decir desde la planeación. Generalmente los proyectos se inician por una necesidad que se tiene que satisfacer de la sociedad, pero a veces no se toman en cuenta todos los factores que deberían de ser importantes; desde la elección del lugar, los problemas que pudieran encontrarse en la etapa de construcción. La encuesta pretende definir cuáles son

los problemas que más se encuentran dentro de la etapa de construcción, por no haber tomado en cuenta ciertos factores durante la etapa de planeación y diseño que son realmente relevantes para encontrar menos conflictos durante la etapa de construcción y que la obra pueda realizarse en el tiempo estipulado por el programa, tanto de tiempo como de recursos evitándonos ordenes de cambio al igual que retrasos.

Dentro de la encuesta, se preguntó a los directivos, gerentes de construcción y líderes de proyectos de empresas y dependencias dedicadas a obras de infraestructura en nuestro país, sobre la manera en que desarrollan las actividades de la gestión de la construcción en los proyectos que han llevado a cabo durante su larga experiencia profesional.

Asimismo se trató de obtener su opinión acerca de la probabilidad de obtener beneficios que podrían lograrse a través de la implementación dentro de su organización de la aplicación de los principios de constructibilidad en los proyectos de infraestructura.

Los resultados que se obtuvieron a través de estas encuestas son presentados por medio de gráficas que nos permitirán visualizar de manera muy objetiva y sencilla, la situación en que están trabajando las empresas que comprenden la muestra en estudio.

Una vez que se tiene la información mencionada, se pasara al siguiente capítulo a fin de analizar e interpretar dichos resultados y estar en posibilidad de plantear las mejores alternativas de solución a la problemática actual entre la división del diseño y la construcción de obras de infraestructura en nuestro país.

### II.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Definir el tipo de investigación que aquí se detalla es el objetivo de este apartado. Describir los diversos factores que conllevan a una deficiente gestión de la construcción en proyectos de infraestructura en nuestro país, es uno de los objetivos del presente trabajo tratando de mostrar los fenómenos y las situaciones que se presentan durante el desarrollo de un proyecto de infraestructura en empresas que operan en México, en relación con los principios de constructibilidad. Debido a lo antes mencionado, podemos asegurar que el tipo de investigación que se realizó es cuantitativa descriptiva, definida de la siguiente manera:

“Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Danhke 1989). Es decir miden, evalúan y recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones, o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide y recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga.”<sup>17</sup>

Conforme al concepto mencionado por Hernández Sampieri (2008) se puede asegurar que la presente investigación entra en esta definición ya que se recolectaron datos sobre las diversas actividades realizadas en la gestión de la construcción como son: planeación, diseño, abastecimiento, construcción y puesta en marcha y en la siguiente etapa se miden éstos mismos elementos, se evalúan, y se emite un análisis de acuerdo a la información obtenida.

Los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación. En esta investigación el fenómeno que se mide es la aplicación de los principios de constructibilidad en la gestión de la construcción en proyectos de infraestructura

---

<sup>17</sup> ROBERTO HERNÁNDEZ SAMPIERI, CARLOA FERNÁNDEZ COLLADO, Metodología de la Investigación. España\_2008. Pág.166

de nuestro país. Los datos se recolectaron en una muestra de profesionales con amplia experiencia en el área de construcción de infraestructura en México.

Se realiza un diagnóstico de tipo transversal, ya que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único; su propósito es describir variables y analizar su incidencia en un momento dado.

Se califica como una investigación de campo, ya que se buscó la información en forma directa, a través de la aplicación de un cuestionario a empresas y dependencias de estado dedicadas a proyectos de infraestructura en México, seleccionadas del universo conformado primeramente por las empresas que cumplen con ciertas características, la primera de estas características es que cuenta con la capacidad de desarrollar un proyecto de infraestructura, que participen en éste, en cualquier etapa del ciclo de vida del proyecto, puede ser desde la etapa de planeación y diseño hasta la última, que es la puesta en marcha. En México está iniciando una modalidad en el desarrollo de los proyectos, en la cual una empresa realiza desde el diseño y planeación del proyecto hasta la ejecución y mantenimiento de la obra. En la mayoría de los proyectos en la actualidad, una empresa realiza la ingeniería, otra la construcción y una tercera la Supervisión de la construcción, por lo que son pocas las empresas que pudieran aplicar los conceptos de constructibilidad en conjunto durante el desarrollo del proyecto en nuestro país, también se tomaron en cuenta sus características en cuanto a tamaño y obras importantes ejecutadas dentro del sector. Para esto se diseñó un instrumento acorde con los objetivos planteados y los conceptos evaluados de constructibilidad.

Otras organizaciones que resultaron de gran importancia para esta investigación son las dependencias de estado dedicadas a obras de infraestructura en México. El objetivo de las dependencias es llevar a cabo proyectos que sean de total importancia para mejorar las condiciones sociales, económicas y comerciales de nuestro país, en resumidas cuentas que sean rentables, por lo que es importante conocer el estatus en el que se encuentran estas dependencias en los conceptos

de constructibilidad. En U.S.A., quien aplica los estudios de constructibilidad son las dependencias de estado, al igual que son las encargados de organizar la revisión y de contratar a consultores y citar a profesionales con amplia experiencia en la construcción de proyectos de infraestructura para evaluar los diseños desde la perspectiva del constructor; por lo que en este estudio se le dio gran importancia a las dependencias de estado.

### II.3.1. HIPOTESIS

Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado (Hernández Sampieri 2008). Las hipótesis de investigación se definen como proposiciones tentativas acerca de las posibles relaciones entre dos o más variables y deben cumplir con los cinco requisitos que describe Sampieri (2008) y que se mencionan a continuación:

- i. Las hipótesis deben referirse a una situación real, solo pueden someterse a prueba en un universo y en un contexto bien definido,
- ii. Las variables o términos de la hipótesis deben ser comprensibles, precisos y lo más concretos posibles,
- iii. La relación entre variables propuesta por una hipótesis debe ser clara y verosímil (lógica).
- iv. Los términos o variables de la hipótesis deben ser observables y medibles así como la relación planteada entre ellos, o sea tener referentes en la realidad.
- v. Las hipótesis deben de estar relacionadas con técnicas disponibles para probarlas; se refiere a que al formular una hipótesis, se tiene que analizar si existen técnicas y herramientas para verificarla, si es posible desarrollarlas y se encuentran a nuestro alcance.

Las hipótesis de la presente investigación surgieron tomando en cuenta las características mencionadas por Hernández Sampieri en su libro sobre Metodología de la Investigación (2008) arriba mencionadas.

Con relación a lo antes mencionado y debido a que éste es un estudio cuantitativo descriptivo se plantean las siguientes hipótesis de investigación:

- H<sub>1</sub>** Si los profesionales que integran el equipo de construcción de una obra, no se involucran en las etapas de planeación y diseño del proyecto, entonces se presentaran cambio de proyecto durante la etapa de construcción, generando retrasos en el programa de obra e incrementos en el presupuesto.
  
- H<sub>2</sub>** Si el personal que integra el área de diseño tiene poco conocimiento del área de construcción entonces no puede prever dificultades que se presentaran durante la etapa de construcción del proyecto.
  
- H<sub>3</sub>** Si una de las principales causas de las dificultades durante la ejecución de la obra son las modificaciones de diseño, estas se pueden disminuir mediante el uso de un programa de revisiones de constructibilidad.

Las hipótesis que se acaban de mencionar están relacionadas con el uso de la constructibilidad en nuestro país. Todas encierran lo que es la coordinación entre ingeniería y construcción. Como es que podemos lograr un vinculo o una enlace o más bien la integración entre ambos equipos para formar uno solo y así lograr que el proyecto se lleve a cabo en los mejores términos y se logre terminar en el tiempo que marca el programa de obra, al igual que en el presupuesto marcado.

Las hipótesis surgieron del planteamiento del problema al volver a evaluarlo y como respuestas a las preguntas de investigación, se puede decir que tienen una relación muy estrecha con el planteamiento del problema y el marco teórico.

El planteamiento del problema nos lleva a expresar que las empresas que ejecutan proyectos de infraestructura en México tienden a tener conflictos en la ejecución de las obras derivados, generalmente de que el diseño del proyecto no es revisado con una óptica constructiva, es decir, el personal con conocimientos y experiencia en la construcción no participa en etapas tempranas del proyecto como son: la planificación, diseño, abastecimiento, entre otras. El superintendente, quien será el encargado de ejecutar la obra difícilmente se involucra en el diseño.

Lo anterior nos lleva a analizar la situación de las empresas dedicadas a obras de infraestructura en nuestro país, revisando su comportamiento con respecto a las diversas actividades realizadas en las distintas áreas de la gestión en la construcción como son: planeación, diseño, abastecimiento de materiales y maquinaria, programación, , dificultades en obra, características del personal, entre otras. También se pretende medir el uso de los conceptos de constructibilidad, así como la presencia de barreras. Así mismo, se investigó si realmente las mayores causas de retrasos en el programa y aumento de costos en el monto de la obra se deben a la falta de revisión con óptica de constructor del diseño del proyecto.

Las hipótesis son explicaciones tentativas, no los hechos en sí, por lo que no se está seguro de comprobarse, las hipótesis aquí mencionadas involucran una serie de variables que se detallan a continuación.

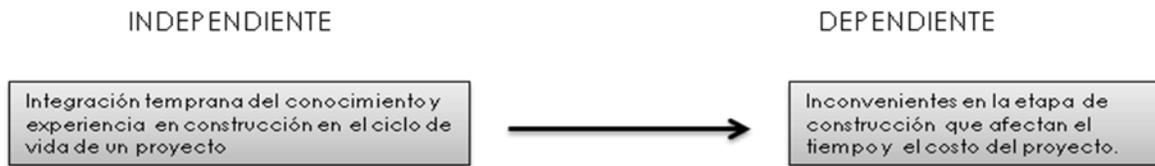
### II.3.2. VARIABLES

Una variable es una propiedad que tiene una variación, que puede medirse u observarse (Sampieri 2008). En este proceso de investigación existen variables independientes y dependientes. Ya que las hipótesis elaboradas son causales,

como se muestra en los siguientes esquemas, se analiza cada una de las hipótesis, mostrando las variables independientes y dependientes (Figura 5, 6 y 7).

Si tenemos:

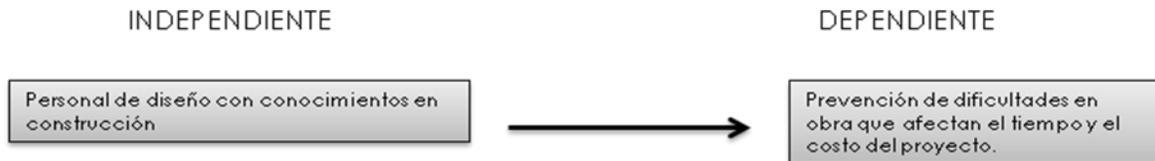
- H<sub>1</sub>** Si los profesionales que integran el equipo de construcción de una obra, no se involucran en las etapas de planeación y diseño del proyecto, entonces se presentaran cambio de proyecto durante la etapa de construcción, generando retrasos en el programa de obra e incrementos en el presupuesto.



**FIGURA 5.** Diagrama de la primera hipótesis con sus variables correspondientes

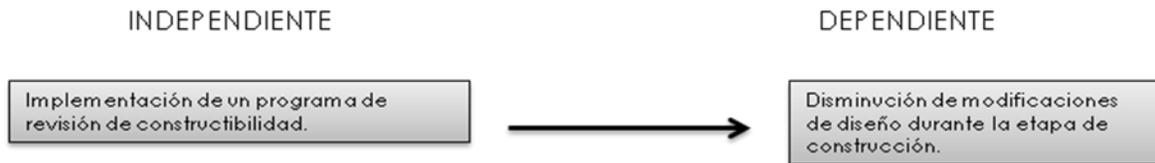
Se menciona la segunda hipótesis para poder identificar las variables:

- H<sub>2</sub>** Si el personal que integra el área de diseño tiene poco conocimiento del área de construcción; entonces no puede prever dificultades que se presentaran durante la etapa de construcción del proyecto.



**FIGURA 6.** Diagrama de la segunda Hipótesis y sus correspondientes variables.

**H<sub>3</sub>** Si una de las principales causas de las dificultades durante la ejecución de la obra son las modificaciones de diseño, estas se pueden disminuir mediante el uso de un programa de revisiones de constructibilidad.



**FIGURA 7.** Diagrama de la tercera hipótesis y sus correspondientes variables

De acuerdo a los esquemas mostrados en la Figura 5, 6 y 7 podemos decir que la variable independiente en las tres hipótesis dentro de esta investigación es la determinación de involucrar tempranamente los conocimientos y experiencia en construcción en el ciclo de vida del proyecto. Es decir involucrar a profesionales de la construcción en las primeras etapas del proyecto, para que de esta manera se pueda evaluar el proyecto y definir cómo podemos prevenir los problemas que se encuentran al entrar en la etapa de construcción de un proyecto de infraestructura.

La variable dependiente son los inconvenientes o problemas que se encuentran durante la etapa de construcción de un proyecto, estos pueden ser: cambios de proyecto, dificultades en obra referentes al sitio, presencia de instalaciones no identificadas durante la elaboración del diseño, ubicación de accesos al sitio de la obra, etc., que finalmente afectan el tiempo y el costo de todo proyecto. Todas estas dificultades, pueden ser prevenidas mediante la revisión con un enfoque de constructibilidad.

En México, al igual que otros países, se deben buscar mejoras en la industria de la construcción. Esta investigación, con sus hipótesis definidas con anterioridad, busca encontrar la justificación para la aplicación de los principios de

constructibilidad como se ha hecho en otros países tales como China (J. Zhang and T. E. El-Diraby 2006), Malasia (Ehsan Saghatforoush 2009), Indonesia (Bambang Trigunaryah, 2004), etc. En dichos países se ha comprobado los beneficios que trae consigo la aplicación de este sistema durante todas las etapas de cualquier proyecto de infraestructura. Cuando se involucra el equipo de construcción desde las primeras fases del proyecto, se puede contar con esa gran experiencia que ayudará a disminuir los problemas que se presentan con frecuencia en el momento de la ejecución de la obra.

#### II.4. PROCEDIMIENTO.

El diseño de la investigación es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación (Sampieri 2008). El diseño de la presente investigación se considera del tipo no experimental transversal, tomando en cuenta que se realizó conforme a las definiciones que Sampieri establece, donde una investigación no experimental es donde se observan fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos; y en esta investigación se observa la situación de la gestión en la construcción existente en México para después analizarla.

Es una investigación del tipo no experimental transversal porque se centra en evaluar una situación, específicamente la gestión de la construcción en empresas dedicadas a obras de infraestructura en México, a través de la recolección de datos en un tiempo determinado.

En la presente investigación la encuesta o cuestionario será el instrumento para recolectar los datos relacionados con las actividades de la gestión en la construcción en un tiempo determinado.

El siguiente paso es definir la población y la muestra a la cual será aplicada la encuesta.

### II.4.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

En esta investigación la unidad de análisis serán las empresas dedicadas a obras de infraestructura en México; entonces podemos decir que una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones (Selltiz 1980). Se debe entonces establecer con claridad las características de la población con la finalidad de delimitar cuales son los parámetros muestrales. Se tiene que el estudio se realizó en una población de Directores y Subdirectores de dependencias, Directivos, Gerentes de Proyecto, Superintendentes de Obra y Profesionales con amplia experiencia en construcción de empresas de proyectos de infraestructura que operan en México.

Hasta aquí tenemos cual es la unidad de análisis y la población, ahora el siguiente paso es la obtención de la muestra.

La obtención de la muestra se obtuvo como sigue:

Para la presente investigación se tomará una muestra probabilística, que en este caso son de las empresas dedicadas a obras de infraestructura a nivel nacional, la relación de éstas empresas se tomo de la Revista Obras (Año XXXVIII, No. 452, Agosto de 2010), la cual se edita en la Ciudad de México. En el artículo "Las constructoras más importantes de México", en el cual se enumera las 100 constructoras más importantes, esta información obtenida de la Revista, se basa en las constructoras que cotizan en la Bolsa de Valores Mexicana (BMV) y las compañías del ramo que acceden a dar sus resultados. Las muestras probabilísticas son esenciales en los diseños de investigación transversales (las encuestas de opinión), donde se pretende hacer estimaciones de variables en la población. Estas variables se miden y se analizan con pruebas estadísticas en una muestra (Hernández Sampieri 2008).

Los pasos para la elección de la muestra son los siguientes: 1) La determinación del tamaño de la muestra y 2) La selección aleatoria de los elementos muestrales.

#### II.4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA.

Existen diferentes métodos de recopilación de datos. El tiempo, el presupuesto y la selección de los casos son los principales factores en la obtención del tamaño adecuado de la muestra esto basado en lo que Berenson y Levine (1996) establecieron. La fórmula de tamaño de la muestra se menciona como una fórmula eficaz para calcular el número correcto de la muestra requerida por Berenson y Levine (1996) y también Zikmund (2000).

Las formulas siguientes se utilizaron para calcular la muestra:

$$n' = s^2 / se^2$$

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

Donde:

$N$  = Población, conjunto de elementos.

$n'$  = Tamaño de la muestra sin ajustar.

$n$  = Tamaño de la muestra

$s^2$  = Varianza de la muestra, la cual podrá determinarse en términos de probabilidad donde  $s^2 = p(1-p)$

$se^2$  = cuadrado del error estándar

$p$  = Porcentaje estimado de la muestra, probabilidad de ocurrencia del fenómeno, la cual se estima sobre marcos de muestreo previos o se define, la certeza total siempre es igual a uno, las posibilidades a partir de esto son "p" de que si ocurra y "q" de que no ocurra ( $p+q=1$ ). De aquí se deriva  $1-p$

Se busca la información en forma directa y se tomó como universo las 100 empresas a nivel nacional enlistadas en el artículo mencionado, sustituyendo los datos de la formula arriba mencionada se calculo que  $n = 30$  (Anexo I) Tomando este dato como la muestra total para aplicar la encuesta.

Tomando en consideración, que no todas las empresas colaborarán con el llenado de encuesta y que se pretende involucrar a las dependencias, se seleccionaron 45 empresas de las 100 iniciales, con la posibilidad de que si 15 de ellas no colaboraran (30%), igualmente la muestra sería de 30 empresas. Las 45 empresas seleccionadas se eligieron de manera aleatoria.

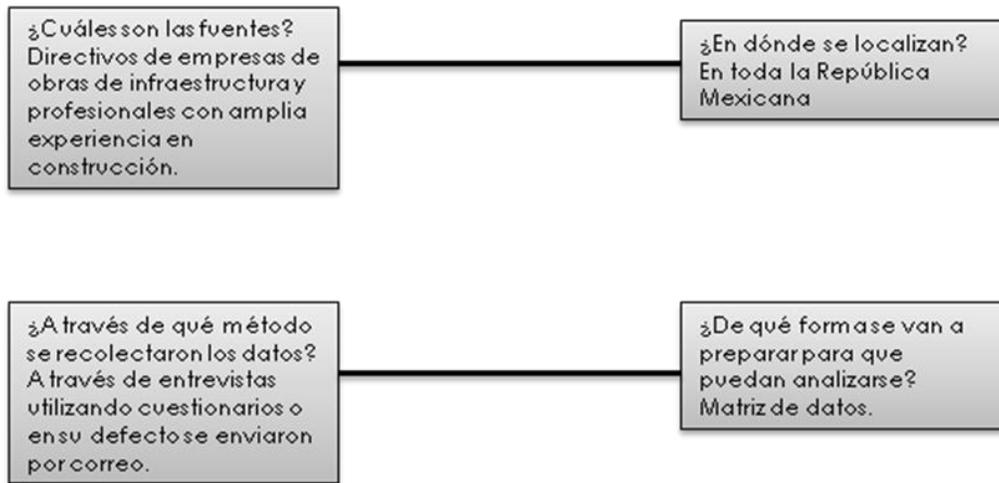
A los directivos de estas empresas se les aplicó un cuestionario para poder realizar un diagnóstico de la situación de las empresas seleccionadas dentro de la muestra, en cuanto a su comportamiento con respecto a las diversas actividades realizadas en las distintas áreas de la administración de la construcción (abastecimiento, programación, planificación, entre otros) y el uso de los conceptos de constructibilidad, así como también se midió la presencia de barreras importantes que podrían impedir la implementación efectiva de programas de mejoramiento de la gestión de la construcción como es la constructibilidad.

#### II.4.2. RECOLECCIÓN DE DATOS

Una vez que se selecciono el diseño de investigación apropiada y la muestra adecuada de acuerdo al problema de estudio y a las hipótesis la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las actividades que conforman la gestión de la construcción.

Para recolectar los datos se elaboró un plan siguiendo los lineamientos de Metodología de la Investigación de Hernández Sampieri. Se muestra en la Figura 8, a continuación:

PLAN



**FIGURA 8.** Diagrama de recolección de datos

Toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir tres características: confiabilidad, validez y objetividad.

La recolección de datos se realizó de manera directa o en su defecto se envió la información por correo electrónico, misma que fue recibida por el encuestado, generalmente un directivo o algún personal con puesto de Director o subdirector de una dependencia de gobierno, ya que difícilmente los directivos de empresas dan entrevistas por tener una agenda muy ocupada. Esto se hizo con el objetivo de obtener datos fidedignos y del más alto nivel de conocimiento de la empresa, lo cual nos dará veracidad respecto a esa información.

### II.4.3. MODELO DE CUESTIONARIO

Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir, es el instrumento más utilizado para recolectar datos. En esta investigación se elaboró un cuestionario con base en una escala de Likert (Hernández, 2004), con el cual se midieron las actividades que integran la gestión en la construcción y la capacidad de la empresa de utilizar conceptos de constructibilidad; así como el conocimiento que se tiene de esta técnica y la disposición para implementarla.

Para realizar este cuestionario se tomaron como base diferentes cuestionarios realizado en otros países del mundo (Malasia, Indonesia, Chile, China, etc.,) de investigaciones que se han llevado a cabo sobre el tema de constructibilidad en los proyectos de construcción.

El cuestionario consta de 8 secciones, las cuales sirvieron para realizar el diagnóstico de la gestión en los proyectos de construcción en diferentes aspectos como son:

1. Identificación de barreras de implementación.
2. Consideraciones de proyecto.
3. Diseño
4. Programación y control de obras.
5. Dificultades en obra.
6. Calidad de seguridad del proyecto.
7. Conocimiento del programa.
8. Disposición para la implementación del programa.

También se observa la opinión de dichas empresas sobre la situación actual de la construcción, en cuanto a las dificultades presentadas en obra. En el diseño de este instrumento también se tomaron en cuenta los 17 conceptos básicos de

Constructibilidad, (Serpell, 2002; CII, 1993), y de los síntomas de las barreras más comunes para la implementación de un programa de constructibilidad (CII, 1993); que tuvieran relación con los aspectos mencionados anteriormente.

Aún cuando el cuestionario era anónimo, es decir, no se debía colocar el cargo ni el nombre del entrevistado, éste debía poseer un alto cargo dentro de la empresa o de la obra (dueño, director, gerente, superintendente de obra, etc.).

El objetivo del presente cuestionario (Anexo II) es recabar información sobre el estatus de las actividades que pertenecen a la administración de la construcción de una obra. El cuestionario se aplica a directivos con amplia experiencia en el área de construcción y de empresas que proporcionen la información necesaria. En el cuestionario se utilizaron preguntas de tipo cerrado y solo dos abiertas.

Se eligieron las preguntas cerradas ya que son más fáciles de codificar y de preparar para su análisis. Así mismo estas preguntas requieren de un menor esfuerzo por parte de los encuestados. Éstos no tienen que escribir o verbalizar sino únicamente seleccionar la alternativa que sintetice mejor su respuesta. También debido a que el responder un cuestionario de preguntas cerradas toma menos tiempo que contestar uno de preguntas abiertas.

Tomando en cuenta que el cuestionario sería enviado por correo electrónico y eligiendo las preguntas cerradas se cree que se tiene un mayor grado de respuesta cuando es fácil de contestar y completarlo requiere de menos tiempo.

## II.5. CONCLUSIÓN CAPITULAR.

La metodología de la investigación no es más que el camino que se siguió para alcanzar el objetivo de esta investigación, cuidando de seguir los pasos que caracterizan a cualquier tipo de investigación.

La investigación sobre la administración de la constructibilidad en México debe realizar una aportación a la industria de la construcción de infraestructura, siguiendo los lineamientos que den origen sin ninguna duda a la comprobación de las hipótesis aquí mencionadas, el paso más importante de dicha investigación fue la aplicación de los cuestionarios en las entrevistas.

Al realizar esta actividad podemos concluir que la cultura en México es poco participativa, ya que el personal con conocimientos y experiencia en construcción en algunas de las empresas entrevistadas, no quiso participar en la encuesta.

A pesar de las dificultades encontradas en este paso de la investigación se logró obtener la información suficiente para analizarla en conjunto y lograr así emitir un diagnóstico de la administración en la construcción de empresas de proyectos de infraestructura en México, que es el siguiente paso de esta investigación.

## **Capítulo III.**

### **ANÁLISIS Y RESULTADOS**

#### **III.1. INTRODUCCIÓN CAPITULAR**

Las investigaciones básicas sobre el tema de constructibilidad realizadas en diferentes países demuestran el potencial de este concepto para ayudar en los objetivos totales de cualquier proyecto de construcción causando un ahorro en los costes significativo, al igual que un ahorro en el tiempo y una mejor calidad; esto se logra a través de considerar la experiencia de los profesionales de la construcción en las diferentes etapas del proyecto. La presente investigación evalúa primeramente la gestión en la construcción en México, trata de mostrar un diagnóstico de la administración en la construcción de proyectos de infraestructura, medir la familiaridad de las empresas de la construcción de México con el concepto de constructibilidad y las actividades que involucran este tema y, se pone a prueba las opiniones generales sobre su aplicación en diferentes fases del ciclo de vida de un proyecto.

Es muy importante elaborar un diagnóstico cuando se trata de encontrar mejoras que sean aplicables a la industria de la construcción en nuestro país. En este capítulo se muestra el estado en el que se encuentra la gestión en la construcción y se mide la familiaridad que se tiene con los conceptos de constructibilidad, de tal manera que aquí se resumen los resultados, de dicho diagnóstico.

#### **III.2. LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO.**

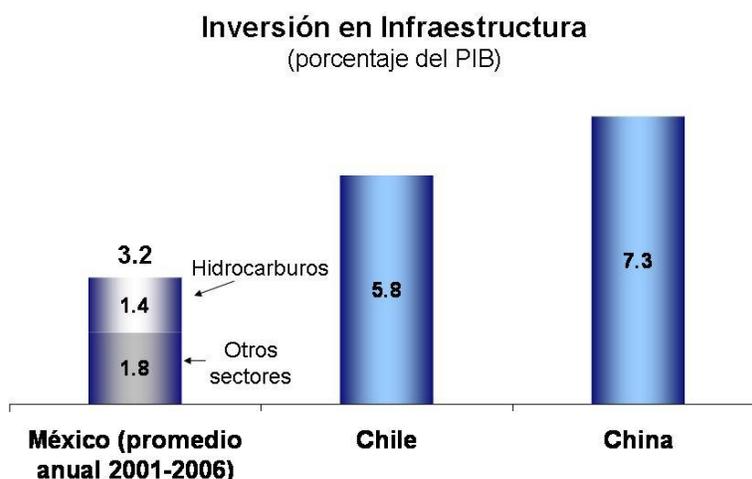
El Banco Mundial (1984) afirmó que la industria de la construcción es un factor esencial para el desarrollo de un país. Aunque todos los sectores de la economía influyen para este desarrollo, la infraestructura, es decir: las carreteras, presas, obras de riego, viviendas, escuelas y otras obras de construcción son los cimientos

físicos en donde se establecen los esfuerzos de desarrollo y la mejora de los niveles de vida de la población. Para la mayoría de los países en desarrollo, la mejora en la capacidad de construcción debe incluir la entrega con puntualidad de los proyectos, la eficiencia y sobre todo la calidad de las obras de construcción. En México, la industria de la construcción, ha experimentado períodos de bonanza cuando ha sido cobijada por la política económica del momento, como durante la etapa de 1940-1976, pero también ha sufrido los golpes de las crisis de 1982-1988 ó de 1995- 1996, cuando el país tuvo que replantear sus esquemas de crecimiento y cuando experimento los duros embates del proceso de globalización mundial. .

La Industria de la construcción en México, apenas representa un 4.7% del PIB durante el periodo que termina antes del 2002, a finales del 2003 aumenta en un 6.2% del PIB. En el 2009 la inversión en la industria de la construcción representa apenas el 6.4 % no dejando de lado que en el periodo del 2003-2009 se han presentado altibajos.

Los analistas mencionan que la actividad, que representa alrededor de un 6.4 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) del país, podría tener un mayor dinamismo, impulsada principalmente por proyectos gubernamentales.

Hablando propiamente de infraestructura, México invierte solo el 3.2% del PIB, como lo muestra la Figura 9. En donde se observa una comparativa con otros países en desarrollo, México resulta el de más bajo porcentaje.



**FIGURA 9.** Inversión en Infraestructura<sup>18</sup>.

A pesar de que el Gobierno Federal planteo el Programa Nacional de Infraestructura (PNI) para el periodo del 2007-2012, la industria de la construcción se encuentra rezagada de la recuperación económica. La meta para 2030 con el PIN es que México se ubique en el 20 por ciento de los países mejor evaluados de acuerdo con el índice de competitividad de la infraestructura que elabora el Foro Económico Mundial <sup>19</sup>

Uno de los objetivos de este programa es convertir a México en una de las principales plataformas logísticas del mundo, aprovechando su posición geográfica y la red de tratados internacionales. Al igual que incrementar el acceso de la población a los servicios públicos, sobre todo en las zonas de mayores carencias.

<sup>18</sup> Fuente de Información: Para México, información del Sexto Informe de Gobierno 2006. Para Chile, Gerencia de Información e Investigación Estadística del Banco Central de Chile, 2005. Para China, Banco Mundial, *Connecting East Asia: A New Framework for Infrastructure*, 2003; de acuerdo con otras fuentes (CG/LA *Infrastructure*) la inversión en infraestructura como porcentaje del PIB en China es de 9 por ciento.

<sup>19</sup> <http://www.infraestructura.gob.mx/index8d8c.html?page=tags> Abril 28, 2011.

Con el seguimiento del PNI, se llegará a una inversión en el periodo 2007 - 2012 equivalente a 2,500 miles de millones de pesos (4% del PIB) en su escenario base, y de 3,400 miles de millones en un escenario sobresaliente (5.5% del PIB) en los sectores de comunicaciones y transportes, agua y energía (hidrocarburos y electricidad)<sup>20</sup>.

Debido a los objetivos aquí mencionados, se cree que México debe buscar mejorar los proyectos de infraestructura; para de esta manera alcanzar las metas del PIN planteadas por el Gobierno Federal. Mejorar quiere decir que se alcancen proyectos en menores costos, menor tiempo y sobre todo mejor calidad, que finalmente es solo alcanzar los objetivos del proyecto.

### III.3. CONSTRUCTIBILIDAD UNA MEJORA EN MÉXICO

No ha habido un estudio en particular en México sobre el impacto de la separación de responsabilidades entre el diseño y la construcción. Sin embargo, el estudio realizado por Wells (1986) en varios países en desarrollo indica que esta separación ha conducido a un cierto grado de aislamiento de los profesionales de los avances tecnológicos, que se ve reforzada por la rígida división de la formación profesional. Por otra parte, la separación también significa que el diseñador (arquitectos e ingenieros) se aíslan del conocimiento de los costos reales de la construcción y de los costos basados en diseños alternativos. Wells argumenta que mientras el diseño esté divorciado de la construcción, el constructor no tiene oportunidad de introducir o hacer uso de innovaciones, salvo en la medida en la que la organización técnica tome en cuenta el proceso de construcción real.

Según lo sugerido por los resultados de la investigación en Australia, la aplicación de la mejora de constructibilidad debe tener en cuenta las características de la industria de la construcción de cada país en específico. Por tanto, con el fin de

---

<sup>20</sup> [http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/programa\\_nacional\\_de\\_infraestructura](http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/programa_nacional_de_infraestructura) Abril 28, 2011

mejorar la capacidad de construcción en proyectos de infraestructura en México, es importante evaluar las prácticas existentes de constructibilidad.

Hoy en día, muchos administradores de proyectos aún son reacios a invertir recursos para realizar la planeación dentro de los proyectos de construcción (Serpell y Alarcón, 2003), por lo que muchas construcciones se realizan con una deficiente planeación. La consecuencia de esto es que durante la construcción el tiempo no se administra y las duraciones de los procesos ocurren como variables aleatorias, sin que la constructora tenga realmente el control de la duración del proyecto. Estudios previos en México han puesto de manifiesto la ejecución de los proyectos con deficiente planeación, según lo reportaron González y Domínguez (1998) y González et al. (2006).

En México existe una Red Académica de Integración del Diseño y Construcción, en la que participan instituciones como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM); el *Worcester Polytechnic Institute (WPI)*; y la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), esta red inicio sus actividades en el año del 2006.

Esta red académica pretende resolver la necesidad de considerar por separado las etapas de diseño y construcción en el desarrollo de proyectos de infraestructura de la industria de la construcción; ya que el resultado ha sido que los proyectos son ejecutados sin lograr los estándares de costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad requeridos hoy en día.

Con esta red se busca beneficiar en primer lugar a la sociedad, pues se cuenta con un marco de referencia para que las empresas constructoras logren mejores niveles de desempeño en la realización de proyectos de infraestructura, respecto a los estándares de costo, tiempo, calidad, seguridad y sustentabilidad. Los cuerpos académicos participantes en la red, ya que en el desarrollo del proyecto se fortalecerán indicadores importantes que coadyuvarán a la consolidación de los mismos. El sector académico, que podrá contar con una experiencia de

aplicación del conocimiento orientada a la integración del diseño y la construcción<sup>21</sup>.

Sin embargo, esta red no ha logrado que se le de la importancia que se debe al concepto de la constructibilidad, ya que son muy pocos los esfuerzos que tanto el sector público como el privado han realizado para apoyar a esta organización.

### III.4. ENCUESTA DE CONSTRUCTIBILIDAD

Esta investigación evalúa las prácticas actuales dentro de la gestión o administración en la construcción aplicando los principios de constructibilidad tomando en cuenta todas las partes que se involucran en el proceso de un proyecto de construcción en México. El ámbito de estudio se limitó a las prácticas de constructibilidad actuales entre las empresas de construcción, es decir las practicas de la gestión en la construcción; así como de las dependencias y su participación en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto, al igual que su influencia en el desempeño de éste. El estudio se realizó por medio de una encuesta, este cuestionario tomo como base, diferentes encuestas realizadas en investigaciones hechas en Estados Unidos y otros países como Indonesia y Malasia.

Como el concepto de constructibilidad se ha desarrollado en los Estados Unidos, y por considerar que este concepto no es conocido por la mayoría de los encuestados, se incluyo en el cuestionario. Una breve explicación de la terminología.

Las funciones de las constructoras antes de la etapa de construcción de un proyecto se ven limitadas por el enfoque contractual implementado por el propietario. En el enfoque tradicional, por ejemplo, el constructor no participa hasta que todos los diseños se han completado. En esta condición, el desarrollo y la utilización de métodos de construcción de innovación se miden con el esfuerzo

---

<sup>21</sup> <http://www.ridc.org.mx/Es/redacademica/quienessomos.php> Mayo 12, 2011.

de los contratistas en la mejora de constructibilidad. Los métodos innovadores de construcción se refieren a la implementación de mejoras de los diversos recursos de construcción que no son considerados en general en las prácticas comunes dentro de la industria de la construcción y en generar soluciones creativas para dar respuesta a los desafíos que se presentan en campo (O'Connor y Davis 1988).

### III.5. RESULTADOS

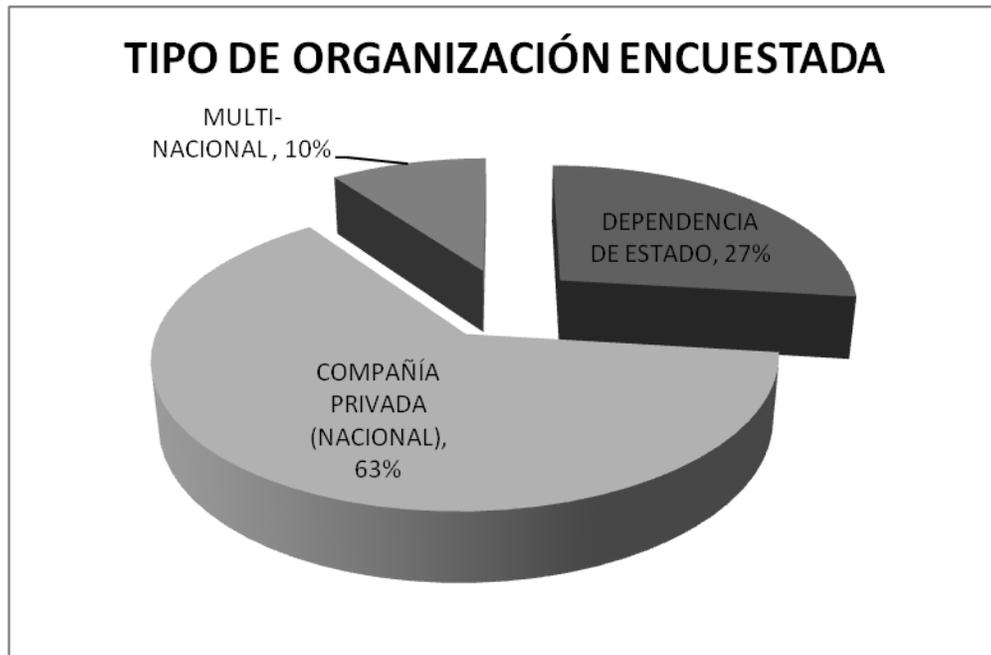
La primera parte del cuestionario (Anexo II) involucra la información general de la muestra con respecto al alcance geográfico, tipos de servicios prestados por las empresas y el tipo de contratación, es decir si realizan obras del sector público o privado. De las 32 respuestas recibidas de los encuestados, sólo 30 respuestas se incluyeron en el análisis. La principal razón se debe a la naturaleza incompleta de los cuestionarios. En la tabla No. 1 se resumen el alcance geográfico de la muestra. Así mismo, en dicha tabla se observan las ciudades en las que operan las diferentes dependencias y empresas a las que se entrevistó dentro de la muestra y el porcentaje que representan cada una de estas del total.

<b>ALCANCE DE LA EMPRESA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>Ciudades en las que opera</b>	
<b>Ciudad de México</b>	17%
<b>Toda la República Mexicana</b>	37%
<b>Centro del país</b>	23%
<b>Sureste del país</b>	7%
<b>Otras ciudades</b>	17%

**Tabla 1.** Alcance geográfico de la muestra.

La mayoría de las empresas (37%), tienen proyectos en casi toda la República Mexicana, por lo que se puede decir que la muestra es representativa del país.

En la Figura 10 podemos observar que el mayor número de empresas entrevistadas fue del tipo nacional con un 63%, le siguen las dependencias con 27% y por último las empresas multinacionales que solo representan el 10% de la muestra, lo cual quiere decir que las empresas que mas prestaron su apoyo en esta investigación son nacionales y las dependencias ya que juntas representan el 90% del total de la muestra.



**FIGURA 10.** Tipo de compañías encuestadas.

En México la mayoría de los proyectos de obra pública, se otorgan sobre una base competitiva mediante el enfoque tradicional. Los profesionales de diseño y construcción están comprometidos mediante contratos por separado. Los constructores generalmente no se involucran en el proyecto hasta que los diseños se han completado. Muchos proyectos de iniciativa privado también utilizan este tipo de enfoque.

La separación del diseño en el proceso de construcción ha dado lugar a un cierto grado de aislamiento entre los profesionales en la industria de la construcción (Wells 1986). Esta división también ha sido sugerida como una de las causas de muchos de los problemas que se presentan durante la etapa de ejecución de los proyectos (Griffith, 1984), fue citada como una razón por la que la mayoría de los proyectos terminan en plazos y presupuestos superiores a los pactados (Instituto de la Industria de la Construcción de Australia 1992).

De esta manera en la siguiente tabla se resumen los servicios que proporcionan las distintas empresas que contestaron el cuestionario; es decir el rubro al que pertenecen y si los proyectos que ejecutan son del tipo público o privado (Tabla 2). Ya que como se menciono arriba generalmente una empresa hace el diseño de un proyecto y otra distinta lo construye.

TIPO DE PROYECTO	TIPO DE PROPIETARIO		TOTAL
	PÚBLICO	PRIVADO	
DISEÑO DE PROYECTOS Y CALCULOS	4	2	6
CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA	18	0	18
INGENIERÍA INDUSTRIAL	1	2	3
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	1	0	1
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA	0	2	2
OTROS	0	0	0
TOTAL	24	6	30

**Tabla 2.** Tipo de servicio que ofrecen y sector al que pertenecen.

La Tabla No. 2 muestra como la mayoría de las empresas encuestadas realiza proyectos de infraestructura del sector público ya que en nuestro país a penas se está abriendo la modalidad de los llamados Proyectos de Prestación de Servicios (PPS)<sup>22</sup>. En México se han implementado apenas cinco Proyectos de Prestación de Servicios a largo plazo en los sectores de salud y educación, cuatro federales y

<sup>22</sup> Los Proyectos de Prestación de Servicios constituyen una de las modalidades de asociación público privada que han venido implementando los gobiernos en el mundo para desarrollar y mantener la infraestructura. Su principal característica es que implican la celebración de un contrato de servicios de largo plazo (alrededor de 25 años) entre una dependencia o entidad y un inversionista proveedor que construirá y equipará el inmueble, para posteriormente operarlo durante el plazo convenido.

uno estatal<sup>23</sup> por lo que esta tabla refleja lo que está sucediendo en la actualidad.

### III.5.1. BARRERAS QUE SE PRESENTAN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CONSTRUCTIBILIDAD.

En esta apartado se observan claramente los síntomas más comunes de las barreras que presentan las empresas mexicanas para la implementación de los conceptos de constructibilidad. Son dieciocho las barreras comunes, que el Instituto de la Industria de la Construcción ha resumido en su documento *Constructability: Program Assessment and Barriers to Implementation (2004)*, estas barreras se definieron en base a investigaciones realizadas por el CII.

En el Anexo III, se muestra la relación que presentan las preguntas del cuestionario con las barreras más comunes reconocidas por el CII. Como base para determinar las preguntas realizadas en la primera parte del cuestionario solo se tomaron en cuenta siete de las barreras identificadas por el CII (anexo III); ya que son las que mejor se adaptan a la situación del país en específico.

Una vez que las barreras a la implementación de la constructibilidad son identificadas dentro de una organización o un equipo de proyecto pueden ser mitigadas o superadas por medio de ciertas tácticas, conocidas como rompebarreras.

En esta primera sección se muestra en la Figura 11 los síntomas de las barreras, se clasificaron en tres grupos, de acuerdo a la frecuencia con la que se presentan. Se hizo la división de esta manera para facilitar su análisis. En el primer grupo encontramos los síntomas de más alta frecuencia. En este grupo se encuentra en

---

<sup>23</sup> Luis Rosales Correa. "Los PPS en México. Experiencias en las áreas de educación y salud" en Revista de Ingeniería Civil, Órgano Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México., Num. 47, México. Septiembre de 2010. Pág. 15.

primer lugar la falta de evaluación de errores cometidos en obra, y en el segundo la falta de documentación de estos mismos errores.

Las empresas evalúan los errores verbal e informalmente, pero no llegan a registrarse o documentarse, por lo que además de perderse formalidad, se pierde efectividad en el tiempo.

Documentar los errores cometidos es de vital importancia, al concluir una obra, se tiene que realizar la evaluación de estos errores, registrando la información en una base de datos de "lecciones aprendidas", es decir los errores cometidos junto con las soluciones aplicadas en esta obra en específico, esto debe ser con la participación del personal de diseño y de construcción que hayan participado en el proyecto.

En la industria de la construcción en México no se tiene conocimiento de alguna empresa que realice una base de datos de lecciones aprendidas, no dándose cuenta que esto es de gran utilidad para los proyectos siguientes ya que tener esta base de datos nos ayudará a no volver a cometer los mismos errores con facilidad en proyectos futuros.

El problema en la construcción radica en la existencia de errores reiterativos que llevan a pérdidas económicas entre el constructor y/o el cliente de estos proyectos. La importancia de la evaluación de estas pérdidas y la obtención de lecciones aprendidas radica en lograr disminuir esas pérdidas en los proyectos siguientes.

El tercer síntoma se relaciona con la falta de visión de *benchmarking*<sup>24</sup>, se dice que él no compararse con los mejores en el área para mejorar, indica que hay una satisfacción con los esfuerzos actuales y no se muestra ningún deseo por

---

<sup>24</sup> Puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones. Consiste en tomar comparadores o *benchmarks* a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas en el área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación.

mejorar la eficacia, de esta manera se sugiere una falta de estrategia, la cual es una de las primeras medidas que se debe utilizar al entrar en este mundo de globalización y de competencia de mercado. Las empresas deben proponer estrategias en cuanto al alcance, ventajas competitivas y recursos disponibles, que no son más que el complemento que se puede establecer entre la estrategia y las demás áreas de la organización (Villalba, 1999). Después se tiene el cuarto síntoma, el personal de construcción no revisa el diseño durante el proceso de diseño; en esta parte no se debe olvidar que la experiencia constructiva es imprescindible durante la etapa de diseño. Este equipo debe de revisar el diseño, al inicio, y cuando sea necesario, de acuerdo al proyecto de que se trate; y antes que los diseñadores culminen su trabajo, para evitar modificaciones posteriores, es decir durante la ejecución de la obra, que resultan mucho más costosas que realizar los cambio durante el proceso de diseño.

Al separar la construcción del diseño, los interesados en el proyecto están haciendo caso omiso de las oportunidades, es decir del ahorro significativo tanto en el costo como en el tiempo total del proyecto que resulta de la interacción de la planificación, diseño e ingeniería con la construcción en un proyecto (Tatum et al. 1986).

El síntoma que se encuentra en el quinto lugar de este primer grupo corresponde a la barrera marcada por el *CII* como "Problemas de comunicación entre áreas (por parte de los constructores y diseñadores), falta de simplicidad". La falta de sencillez en la manera de explicar los dibujos o la falta de detalles de los procedimientos constructivos tiene como consecuencia atrasos durante la etapa de ejecución del proyecto. Lo que se puede hacer en estos casos es realizar una revisión por parte de personal de construcción por medio de reuniones o incluir a diseñadores con experiencia en el ámbito de la construcción, entre otras. De otra manera, los propietarios, en particular, pueden crear oportunidades para una comunicación más abierta mediante la selección adecuada de tipos de contrato, la ejecución de los proyectos y los métodos de colaboración para

realizar proyectos, y al exigir un proceso formal que incorpora la experiencia de la construcción de manera temprana en el proyecto" (Pocock, 2006).

Debe tomarse en cuenta que en el primer grupo deben implementarse los llamados "rompebarreras" adecuados, buscar los que más se adecuen al tipo de cultura o a las costumbres, necesidades y recursos de cada empresa.

Otra barrera que se presenta en este apartado con frecuencia alta, con un porcentaje del 83% es "El personal de Diseño y Construcción interactúan respetuosamente", es decir existe una falta de respeto mutuo entre Diseñadores y Constructores. Esta barrera es del tipo cultural, debido a que se ha creado una separación o digamos un divorcio entre estas dos áreas, los diseñadores toman como intromisión cualquier observación que pueda hacer el personal encargado de la construcción en su diseño y muchas veces las críticas que hacen los profesionales de la construcción al diseño no es de índole constructiva, por lo que en este caso se puede tratar de crear un equipo desde el inicio del proyecto que esté integrado por diseñadores y constructores; para que cuando estos últimos tengan algún comentario sobre el diseño, los diseñadores no lo tomen como una intrusión sino solo como trabajo de equipo.

Los siguientes síntomas corresponde al segundo grupo, la frecuencia presentada por la mayoría de éstos fue media, es decir, se encuentra entre un 70% al 83%, como se puede observar en la Figura 11. A todas las barreras presentadas se les debe dar mucha importancia ya que de eso depende la implementación de estrategias para minimizarlas.

La Falta de motivación a considerar innovaciones para resolución de problemas, se encuentra en un 77% de frecuencia, es un síntoma de la barrera identificada por el CII: como "*complacencia con el status quo*". Se debe poner atención a este síntoma ya que el concepto recomendado por la CII para mejorar la capacidad de construcción durante las operaciones de campo es la utilización y

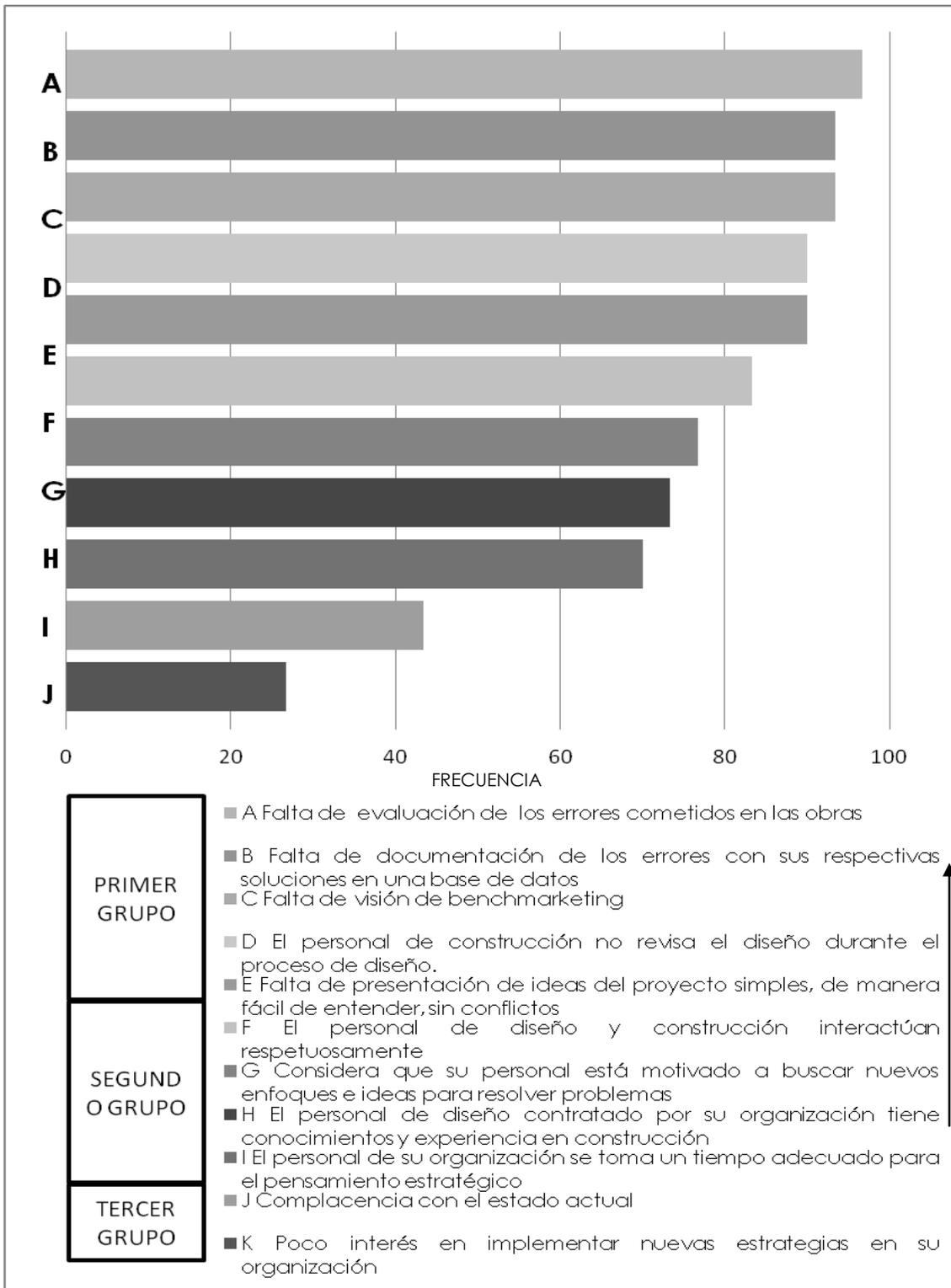


FIGURA 10. Barreras para la implementación de la constructibilidad.

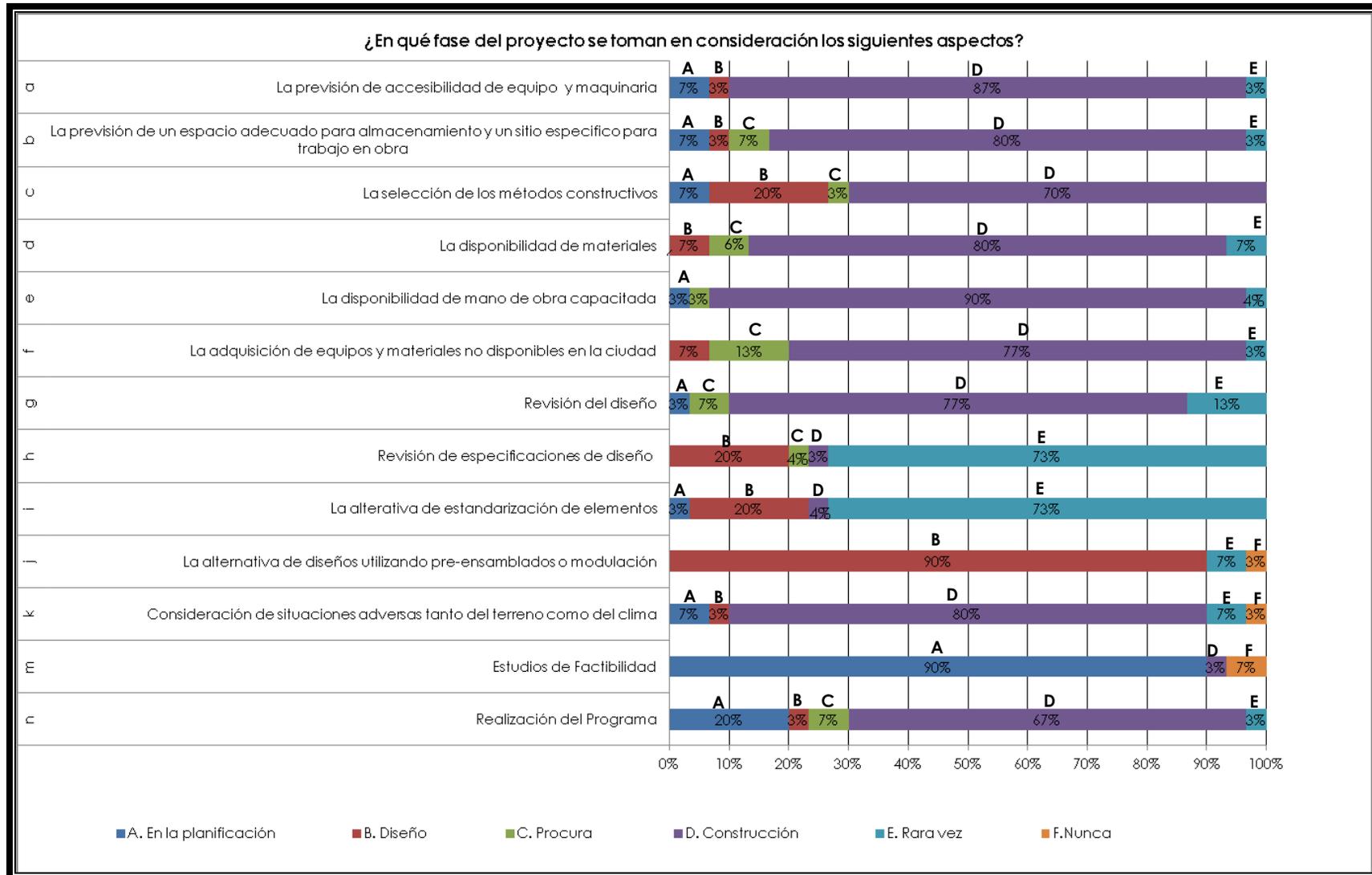
el desarrollo de los métodos de construcción innovadores, que pueden simplificar el esfuerzo de la construcción y reducir el costo del proyecto.

El personal de diseño generalmente tiene poco conocimiento del área de construcción; esto puede deberse a muchas causas, que es importante averiguar en el ámbito de cada empresa por separado para establecer las estrategias a utilizar más adecuadas según el caso. La falta de tiempo para el pensamiento estratégico y la falta de motivación en la implementación de innovaciones tiene que ver con la usual "resistencia al cambio" generalmente se piensa que "si esto lo hemos hecho así durante tantos años y siempre ha servido ¿por qué buscar un cambio?". Estos síntomas se pueden romper con investigación exhaustiva de las innovaciones presentes en el mercado y la mejora (cuantificable) de las mismas en cuanto a rendimientos, productividad y rentabilidad.

El último grupo presenta los aspectos que las empresas controlan mejor, ya que los síntomas muestran un grado de ocurrencia bajo, es decir los porcentajes van del 23% al 47%. La frecuencia del primero cae en un 47%, casi la mitad de los encuestados muestran complacencia con el estado actual de sus empresas, el segundo de estos se refiere a la disposición para alcanzar la eficacia en las diferentes etapas del ciclo del vida de un proyecto. La mayoría de los encuestados se mostro con un criterio amplio, eligiendo que no tenían algún inconveniente en implementar mejoras, y mostraron un amplio interés por implementar nuevas estrategias.

### III.5.2. CONSIDERACIONES DE PROYECTO

La segunda sección de la encuesta se refiere a las consideraciones de proyecto. En la Figura No. 12, se observan en qué etapa se consideran o prevén aspectos importantes del proyecto. Se considera óptimo, según los conceptos y principios de constructibilidad, el prever todos estos aspectos en las primeras etapas: planificación y/o diseño. Por lo tanto se ordenaron los diferentes aspectos de acuerdo a su grado de previsión en estas primeras etapas.



**FIGURA 12.** Consideraciones de proyecto

En el primer aspecto que resulta ser la previsión de accesibilidad de equipo y maquinaria al sitio de la obra, el 87% de los encuestados respondió que se toma en cuenta este aspecto hasta llegar a la etapa de construcción, es decir cuando ya se tiene que tener el acceso o mejor dicho cuando llega la maquinaria al sitio en donde se van a ejecutar los trabajos, la mayoría de las veces la maquinaria pesada no tiene acceso, el camino está muy estrecho, por lo que hará falta tiempo para ampliar éste lo que causará un retraso en el programa de obra y desde luego un aumento en el costo, ya que no se considero este aspecto en el presupuesto pactado. Un espacio adecuado para almacenamiento y un sitio en específico para el trabajo en obra, otro aspecto similar que el anterior, ya que el 80% de los encuestados, respondió que generalmente este aspecto se toma en cuenta en la construcción del proyecto. En el sitio de la obra, cuando ya llega el material, es cuando se busca el lugar "adecuado" para su almacenamiento y cuando se les da a los contratistas un lugar específico para que realicen su trabajo. El inconveniente es que como no se planea la ubicación de éstos, hay ocasiones en las que se debe de cambiar el material de lugar porque obstruye el paso, esto causa retrasos y gastos de personal y maquinaria innecesarios, que pueden preverse en la etapa de planeación y/o diseño.

Existe algo que llama la atención en esta Figura 12, y es que la mayoría de los aspectos que deben tomarse en cuenta durante la etapa de planeación y/o diseño, son evaluados hasta que se llega a la etapa de ejecución del proyecto, es decir hasta la construcción de éste, cuando ya se tienen que resolver.

Se tiene que un aspecto tan importante como la selección de los métodos constructivos en un 70% es pensada hasta la construcción, algunos encuestados concuerdan en que la mayoría de las veces el método constructivo que se desarrolla en el proyecto y en los planos no se adapta a las necesidades del sitio, o está en desuso, por lo que en obra se tiene que seleccionar el método constructivo que más se adapte al terreno de operaciones. Otras actividades que se realizan durante la etapa de construcción son: La disponibilidad de materiales (80%), La disponibilidad de mano de obra capacitada (90%), La adquisición de

equipos y materiales no disponibles en la ciudad (77%) y Consideraciones de situaciones adversas tanto del terreno como del clima (80%), Realización del programa (67%); todas estas actividades deberían realizarse en las etapas de planeación y/o diseño como lo indica el concepto de constructibilidad. Realizar estas actividades durante la etapa de construcción traerá como consecuencia retrasos en el programa, así como la elevación del costo, como se verá en los siguientes gráficos.

No tomar en cuenta aspectos como la disponibilidad de materiales o la disponibilidad de la mano de obra capacitada para una obra de infraestructura trae consecuencias funestas, lo último que llega a pasar es que el contrato se rescinda; por falta de material o más bien porque no se considero que el material se tiene que traer de lugares lejanos y el costo del transporte eleva el costo de la obra, al igual que la mano de obra si se tiene que llevar de otros lugares al sitio de la obra siempre habrá que adicionar un costo mayor.

La revisión del diseño se realiza en la etapa de construcción (77%), lo lleva a cabo, quien va a construir el proyecto, o quién lo va a supervisar, ya que quienes supervisan y construyen harán uso de los planos en el momento, y es cuando notan los faltantes o las incongruencias en el proyecto, algunos de los encuestados opinaron que cuando encuentran algún inconveniente en los planos lo comunican a los diseñadores y éstos generalmente tardan varios días en resolverlos, por lo que se cae en atraso, han existido ocasiones en las que el constructor y el supervisor resuelven los detalles por no seguir esperando al diseñador. Finalmente la falta de revisión trae como consecuencia modificaciones en obra.

Otro aspecto en el que hay que poner atención es en la revisión de especificaciones de diseño ya que rara vez se realiza (73%), según la encuesta. otro propuesta que se toma en cuenta rara vez en un proyecto es la alternativa de estandarización de elementos (73%).

Como lo indican los resultados en esta sección de la encuesta la mayoría de los aspectos que debieran llevarse a cabo durante las etapas iniciales de un proyecto, son realizadas durante la construcción de la obra causando un sin número de atrasos en el programa y lo que es peor un aumento en el costo que finalmente es absorbido por el constructor o por el cliente y/o la pérdida de rentabilidad del proyecto por no haber hecho estas consideraciones dentro de la etapa correspondiente.

Los únicos dos aspectos que son tomados en cuenta en las etapas iniciales del proyecto son: Estudios de factibilidad (Planeación 90%) y la alternativa de diseño utilizando pre-ensamblado o modulación (Diseño 90%). Lo que se puede observar con estos resultados es que en México no se toman en cuenta los aspectos que deben ser considerados en las etapas de planificación y diseño de un proyecto; sino que todo se deja hasta el final, hasta la etapa de la construcción, ya cuando se presenta la necesidad de resolverlas en campo.

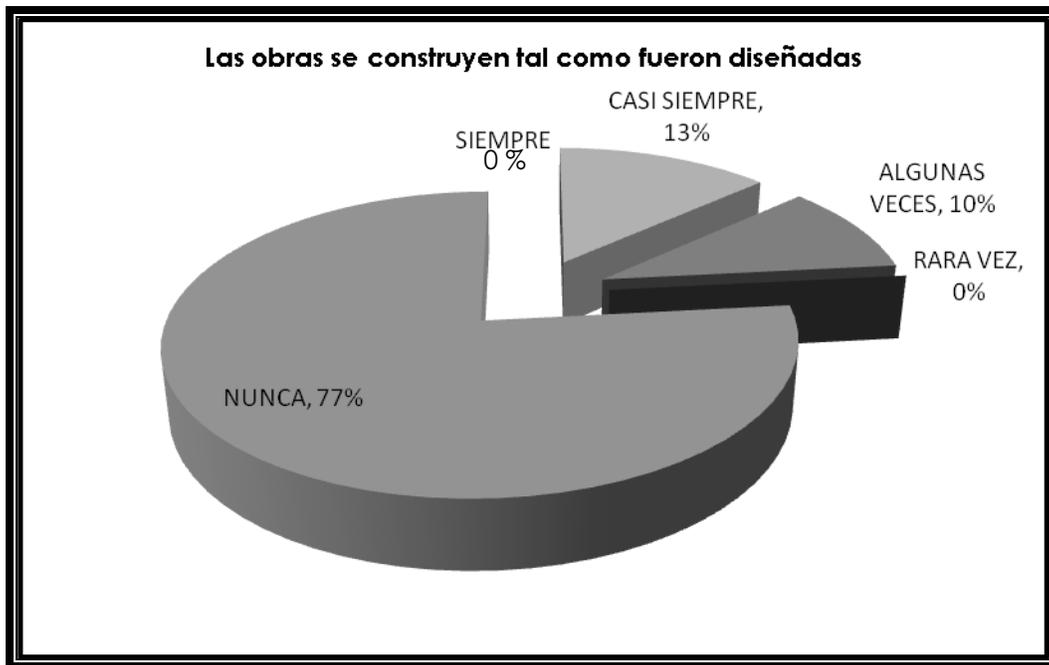
Los principios de constructibilidad muestran de qué manera es importante evaluar todos estos aspectos dentro de las etapas de planeación y diseño del proyecto, en México no se consideran los factores que afectan de manera severa el programa de una obra durante su ejecución, la constructibilidad no es considerada en un proyecto.

### III.5.3. DISEÑO

En esta sección se muestran los resultados de los tres puntos que se consideraron más importantes dentro del diseño y que son parte del concepto de constructibilidad.

En la Figura 13 se muestra la relación que existe entre el diseño y la construcción en nuestro país. Es preocupante que en el 77% de los proyectos, el diseño no se respeta de tal manera que no se construye tal como fue previsto por el grupo de diseñadores. Por lo que se recomienda investigar las razones por las cuales las

obras no se construyen exactamente igual al diseño original para determinar los correctivos necesarios a dicha problemática. Ya que como lo muestra el gráfico la mayoría de las veces los proyectos sufren modificaciones en la etapa de construcción.

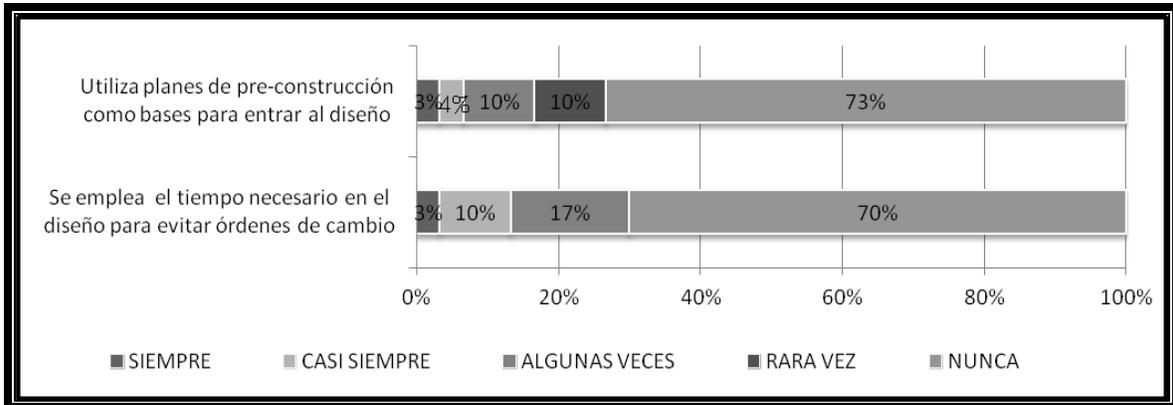


**FIGURA 13.** Relación entre diseño y construcción.

El concepto de constructibilidad tiene como base contratar a personal con conocimiento y experiencia en construcción desde las etapas iniciales del proyecto, la implementación de este sistema ahorraría cambios en el proyecto.

En el diseño de un proyecto siempre nos ayudará utilizar planes de pre-construcción como base. En los resultados según la encuesta, el 73 % de las empresas, no utilizan planes de pre-construcción, lo que dificulta el diseño y causa que éste se lleve a cabo en un mayor tiempo y con un poco de mayor dificultad. En el 70% de las empresas encuestadas se presentan órdenes de cambio durante la etapa de construcción en el proyecto, ya que no se emplea el tiempo necesario en el diseño para evitarlas. Solo el 3% utiliza planes de pre-construcción

y el mismo porcentaje emplea el tiempo necesario para evitar órdenes de cambio (Figura 14).



**FIGURA 14.** Evaluación de Diseño.

Lo que se puede observar con estos resultados es que generalmente en México no se le invierte el tiempo necesario en un proyecto de construcción, en las etapas iniciales del proyecto, es decir en la planeación y en el diseño; diversas pueden ser las causas; pero la muestra nos da los elementos para realizar esta aseveración. Al buscar una mejora en los proyectos de construcción el objetivo siempre será el obtener un menor costo, llevarlo a cabo en menos tiempo y sobre todo obtener una mejor calidad al término de la obra. Un procedimiento para alcanzar estos objetivos, sería: otorgando el tiempo necesario para realizar el diseño, revisándolo, pero con una perspectiva de constructor, buscando evitar que haya modificaciones durante la etapa de construcción. En México como en otros países, el presupuesto que se asigna a las obras publicas tiene ciertas restricciones por lo que la mayoría de las veces el diseño de los proyectos y los proyectos en sí, tiene que realizarse de manera exprés, por motivos de política y presupuesto.

### III.5.4. PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS.

La programación de obras, es la elaboración de un plan detallado, en el que se integran las diferentes actividades específicas del proyecto. Estas actividades se ordenan de manera sistemática, y se les asigna una duración y una fecha de inicio y de terminación. También se establecen las relaciones entre las diferentes actividades, y las posibles restricciones existentes entre unas y otras. En este apartado se muestran los resultados de este ámbito.

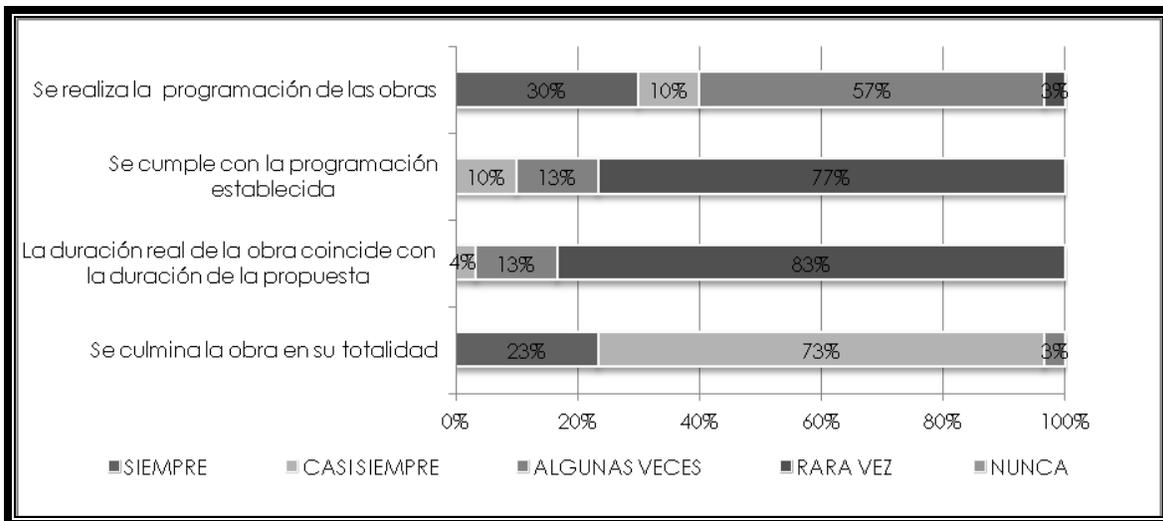
La Figura 15 muestra claramente que no todas las empresas realizan programación en sus obras. Sólo el 30% de las empresas encuestadas siempre la llevan a cabo. La cuestión sería conocer cuáles son los mecanismos que utilizan las empresas que no realizan programación, es decir con que elementos cuentan para saber cuál será la duración total de la obra, la secuencia de actividades que seguirán para la ejecución de la obra, cómo controlan las actividades de la obra, entre otras muchos aspectos. El 57% de las empresas contestaron que algunas veces consideran la programación de obras. Es importante mencionar que realizar la programación en un proyecto siempre nos dará el control de la ejecución de éste.

En situaciones económicas desfavorables, e incluso también en las favorables, existe una alta competitividad en el mercado, además de que los recursos económicos generalmente son limitados, sobre todo si se trata del sector público, es decir de recursos públicos como es el caso de la mayoría de los proyectos de infraestructura, es por eso que se requiere un máximo aprovechamiento de todos los recursos a manera de obtener la mayor utilidad posible de cada proyecto y esto se puede lograr haciendo el uso de la programación de la obras.

Un proyecto de construcción involucra el uso de diferentes materiales, de recursos humanos con diferentes especialidades y de equipo. Es necesario contar con un plan de la obra para poder establecer una buena comunicación con los

diferentes recursos humanos, ya que cada quien tiene diferente perspectiva respecto al proyecto, y se necesita contar con una herramienta, con la cual se pueda transmitir sin lugar a errores lo que se pretende hacer, como hacerlo, y sobre todo la necesidad de terminarlo en un tiempo determinado.

Ninguna de las empresas cumple cabalmente la programación establecida. La mayoría de las empresas, el 77% respondió que "rara vez". El 90% de las empresas presentan problemas con la programación establecida, al responder que nunca o rara vez se cumple con este rubro. El 10% menciona que casi siempre cumple con la programación establecida. Como se puede observar es muy bajo el porcentaje de empresas que cumple con la programación establecida, diversas pueden ser las causas, mas adelante del documento se tratan.



**FIGURA 15.** Programación de obras.

Con respecto a la diferencia entre la duración real y la propuesta, cabe destacar que es una pregunta distinta a la anterior, ya que es posible que siendo la duración real igual a la propuesta, las duraciones y secuencias de las actividades hayan variado, por ello la programación sería distinta a lo ejecutado realmente.

En ninguna de las empresas encuestadas, la duración real de la obra coincide con la duración de la propuesta. Sólo en el 3% de las empresas casi siempre coincide la duración real de la obra con la duración propuesta, lo que representa que solo el 3% de las empresas son exitosas hasta cierto punto en cuanto al cálculo de la duración de la obra. Otro 83% de las empresas tienen muchos problemas con la determinación de la duración total de la obra debido a que rara vez coinciden con la duración real. El 13% se sitúa en un nivel intermedio ("a veces"). Es importante destacar que realizar la programación de una obra requiere de experiencia en construcción, manejo de tiempos reales, uso de estadísticas de tiempos de proyectos anteriores; aspectos que no todos los constructores dominan.

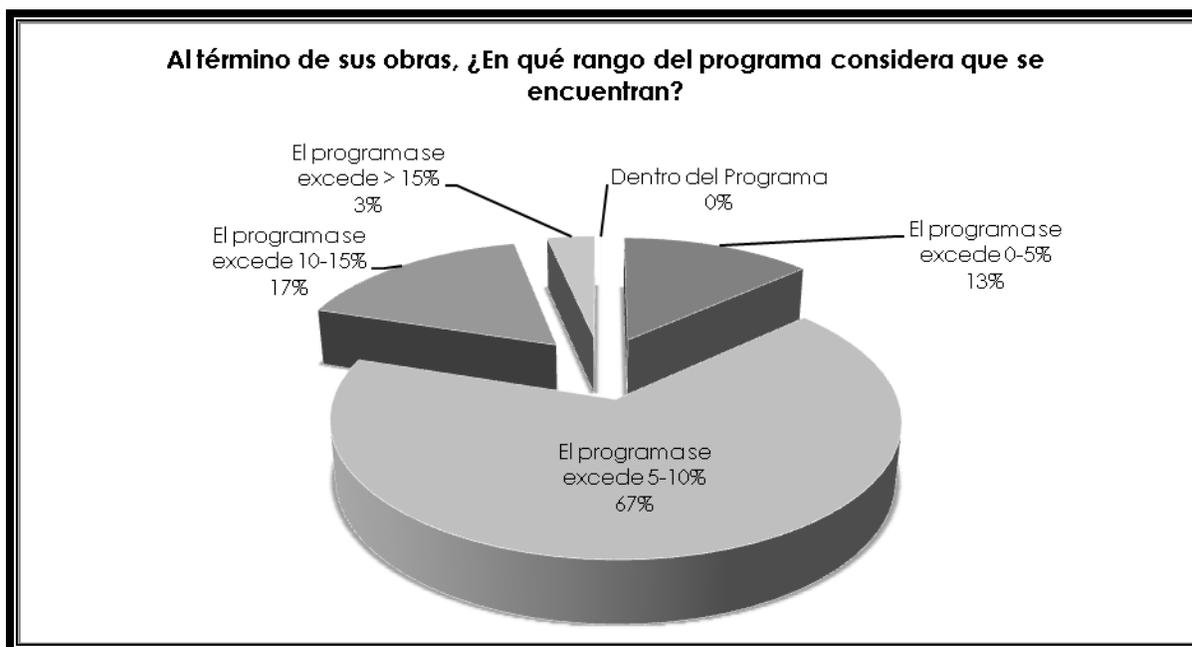
El 23% de las empresas culminan en su totalidad las obras y un 73% de las empresas casi siempre. Sólo el 3 % de las empresas consideró que "rara vez" culmina la obra en su totalidad.

Estudios previos en México han puesto de manifiesto que dentro de la ejecución de los proyectos existe una deficiente planeación, según lo reportaron González y Domínguez (1998) y González et al. (2006). Dentro de este contexto es común que las construcciones se atrasen y se posponga la fecha de entrada en operación del proyecto, con las pérdidas que esto conlleva para los inversionistas. Se encuentra ampliamente reportado que la mayoría de las disputas legales entre inversionistas y constructores se deben al incumplimiento de los plazos de ejecución (Lo et al., 2006, Ajibade et al., 2006). Adicionalmente a las penas contractuales derivadas de lo anterior, los constructores suelen enfrentar también quebrantos económicos como resultado del incremento en sus costos de administración.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Solís Carcaño, R. G. "Estudio de caso: demoras en la construcción de un proyecto en México" en Revista de Ingeniería Año No. 13-1, México, Febrero de 2009, Página 41

En esta sección de la encuesta existe una pregunta que se establece de la siguiente manera. Al término de sus obras, ¿En qué rango del programa considera que se encuentran? En la Figura 16 se muestran los resultados que arrojan las respuestas de la pregunta anterior.



**FIGURA 16.** Análisis del Programa de Obra

Como ya se mostro en las respuestas anteriores ninguna empresa termina la obra en el programa pactado. Con esta pregunta solo se trata de ubicar en que rango se encuentran las empresas. Qué tanto se exceden con el programa de obra, es decir cuánto tiempo más del estipulado se tardan en entregar la obra. El 67% de las empresas coinciden en que el programa excede de un 5-10%. Otras se exceden entre un 10 y 15% y podemos decir que aquí se ubica un 17% de las empresas y en el último rango que va de 5-10%, encontramos solo el 13% de las empresas encuestadas. Como podemos observar la mayoría se excede en un 10% en tiempo.

Es importante destacar que la programación de la obra puede no cumplirse al 100% por muchas razones tanto internas como externas. Una pregunta del cuestionario, se refería a las razones por las cuales consideraba el encuestado

que la programación no se cumplía. Las razones que manifestaron los encuestados se resumen en las siguientes líneas:

- 1) No se planea correctamente la obra desde el inicio del proyecto, es decir no se toman en consideración los aspectos o factores que pueden influir durante la ejecución de los trabajos.
- 2) Los tiempos que se otorgan son restringidos basados en el ejercicio presupuestal.
- 3) Cambios en los alcances del proyecto original y retrabajos ocasionados por procedimientos deficientes.
- 4) Cambios en el diseño y faltantes de información que no se revisaron en el diseño, falta de detalles.
- 5) Porque el constructor se encuentra con interferencias en el sitio de la obra, que no fueron consideradas en el diseño.
- 6) La realización poco realista del programa de obras, bien sea por lógica incorrecta, por duraciones sobreestimadas o subestimadas;
- 7) No fueron consideradas las condiciones climáticas del sitio de la obra.
- 8) Porque se obviaron algunas actividades importantes que incidieron notablemente en la duración total del proyecto;
- 9) Por problemas con la disponibilidad de materiales.

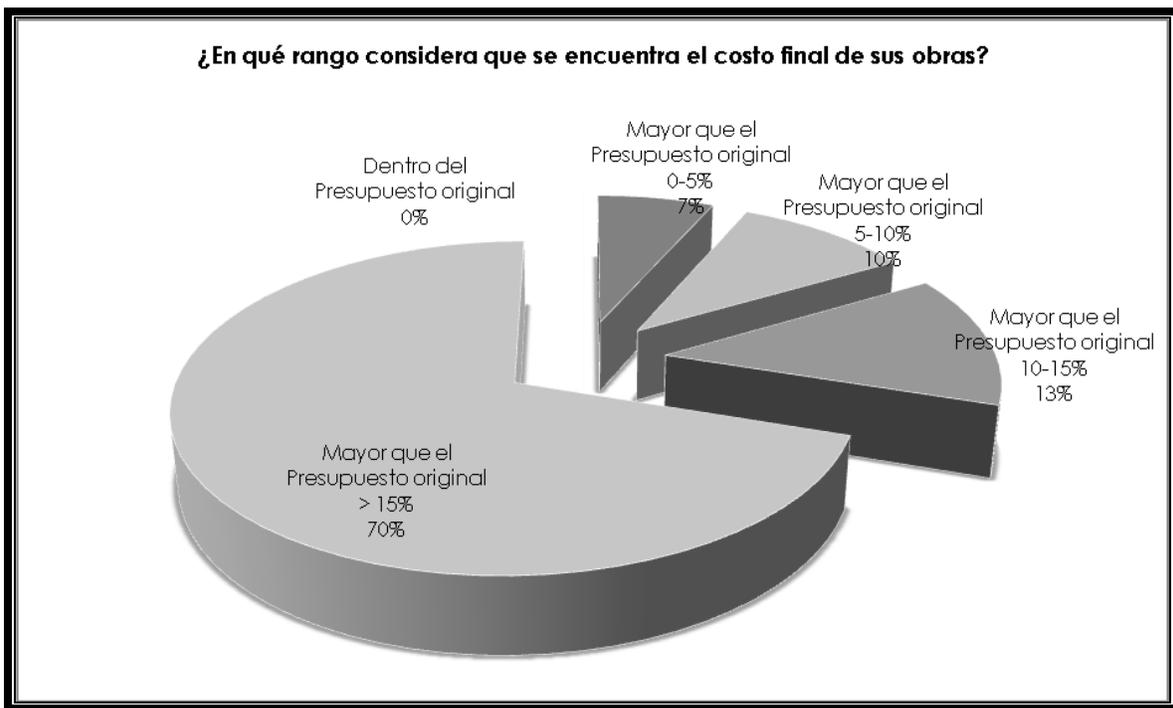
Como se puede observar, las distintas razones dadas por los encuestados, son factores que se deben tomar en cuenta durante la planeación y el diseño de cualquier proyecto de infraestructura.

### **III.5.5. IMPACTO EN EL COSTO DE LA OBRA.**

Una consecuencia de que las obras no se terminan en el tiempo programado es que el presupuesto de ésta aumente. Generalmente el presupuesto va ligado a la programación de una obra.

Otro de los factores importantes de un proyecto de construcción es el presupuesto; por lo que se analizó en este apartado de la encuesta. En la Figura 17 se pueden observar aspectos interesantes, en primer lugar se muestra un alto porcentaje de empresas en las que los costos rebasan el 15%, del presupuesto, de su obra, también podemos exponer las siguientes aseveraciones:

- 1) Las empresas que tienen excesos en los costos mayor al 15% del presupuesto, representan el 70%, este margen implica pérdidas importantes en la rentabilidad de las mismas, ya que las inversiones en el sector de la construcción son muy altas y el porcentaje de rentabilidad, hasta cierto punto, bajo con respecto a otros sectores productivos;
- 2) Las que manejan hasta cierto punto los excesos en los costos en un rango establecido entre el 10 y el 15%, representan el 13% de la muestra;
- 3) Empresas que consideran que el presupuesto de sus obras tiene un incremento que va del 5 al 10 %, representan el 10%.



**FIGURA 17.** Porcentajes de excesos en los costos por conceptos de errores, retrasos u omisiones.

Es importante observar que ninguna de las empresas encuestadas termina la obra dentro del presupuesto pactado.

Se pregunto sobre cuáles eran las razones por las que el presupuesto de las obras termina con un incremento, se dieron las siguientes razones:

- 1) La más importante y que tuvo la mayor incidencia es que los proyectos se realizan en un muy corto tiempo, debido a las exigencias de las dependencias, provocando con ello: catálogos incompletos, es decir, la existencia de conceptos extraordinarios y volúmenes excedentes a los considerados en el catalogo original.
- 2) Generalmente es por cambios en el alcance del proyecto o por trabajos que no fueron considerados en el diseño o en el catalogo de conceptos.
- 3) Modificaciones en proyecto.

Lo que podemos observar en las respuestas es que en las tres, se mencionan los faltantes en diseño, modificaciones en el diseño y catálogos incompletos; estos factores son parte de las etapas de la planeación y diseño de un proyecto. Por lo que, logrando integrar los principios de constructibilidad a un proyecto, se pueden prever algunos de ellos y disminuir el aumento en el presupuesto al final de la obra.

### III.5.6. DIFICULTADES EN OBRA.

En este apartado se observan las dificultades que se presentan en el campo de operaciones, a la hora de ejecutar los trabajos. La etapa de construcción de un proyecto generalmente es la que lleva más tiempo y es ahí en donde se presentan problemas que quizás se pudieron prever durante las etapas de

planeación y diseño, si se involucra a profesionales de la industria de la construcción, es decir a gente con amplios conocimientos y experiencia en construcción, quien sino ellos para ayudar a tener una perspectiva de constructores en las primeras etapas del proyecto y poder prevenir los aspectos que pudieran ser causas de retrasos durante la ejecución de los trabajos.

En la Figura 18 han sido clasificadas las dificultades en obra en tres grupos para facilitar su análisis: en el primer grupo encontramos aspectos con una mayor trascendencia, ya que su frecuencia es la más elevada, el rango va de 73 al 86%, y éstos deben ser tratados con mayor énfasis para minimizar sus consecuencias, sin descuidar, desde luego las dificultades descritas en los grupos subsecuentes, los que presentaron una menor frecuencia. En el primer grupo se encuentran los siguientes aspectos: Las modificaciones del proyecto durante la ejecución: cualquier modificación, de cualquier naturaleza debe realizarse en el proceso de diseño o de planificación, ya que afecta de manera significativa tanto los costos como los tiempos del proyecto; Los inconvenientes de diseño y falta de ingeniería de detalles, pueden generar retrasos significativos. Rischmoller (2006), en las "Jornadas de Constructibilidad" realizadas el 27 de octubre de 2006 en la ciudad de Chile, afirma que el 50% del tiempo del profesional de la construcción lo utiliza "buscando información no explícita en los planos". Dentro de los resultados de la encuesta, se observa que dos de los aspectos más frecuentes en las empresas es que existen inconvenientes de diseño (83%) y falta de ingeniería de detalles (80%), por lo que es posible que este porcentaje (del 50%) sea mayor en nuestro país.

El cuarto ítem más común es "contrariedades con los permisos" (77%), generalmente en nuestro país los permisos son otorgados por distintos organismos, con procesos habitualmente engorrosos y son gestionados directamente por los Ingenieros y diseñadores. Para acelerar este proceso se recomienda contratar a un gestor de permisos con el fin de que pueda resolver este problema con celeridad.

Los inconvenientes de procura (abastecimiento), 73% de los encuestados contestaron haber tenido este problema, este resultado muestra: como un aspecto común puede ser consecuencia directa de la falta de planeación y logística. Lograr que se tengan a tiempo materiales y mano de obra en el lugar de trabajo es de mucha importancia ya que si no se cuenta con ellos, lo más probable es que se causen retrasos en la obra y tiempos muertos por parte del personal, teniendo un mayor costo en los trabajos a realizar.

La administración de los materiales en específico se inicia en la etapa de planeación en la cual se elaboran los programas de utilización de cada uno de ellos. En un estudio realizado en el sureste de México (Alcudia, 2002) se reportó que el 67% de las empresas manifestaron que elaboraban sus programas de utilización de materiales antes del inicio de la ejecución de la obra, sin embargo en el mismo estudio se pudo inferir que el 71 % de las empresas no analizaban a detalle los procesos constructivos para obtener esos programas, por lo que se podría esperar que en la mayoría de los casos la administración de los materiales haya sido deficiente<sup>26</sup>, reflejándose esto en los resultados de la encuesta, en el ítem referente a este aspecto, nombrado como inconvenientes de procura que presenta un 77% de la muestra.

---

<sup>26</sup> Solís Carcaño, R. G. "La Administración de los materiales en construcción" en Revista de Ingeniería Año No. 13-3, México, Diciembre de 2009, Página 61.

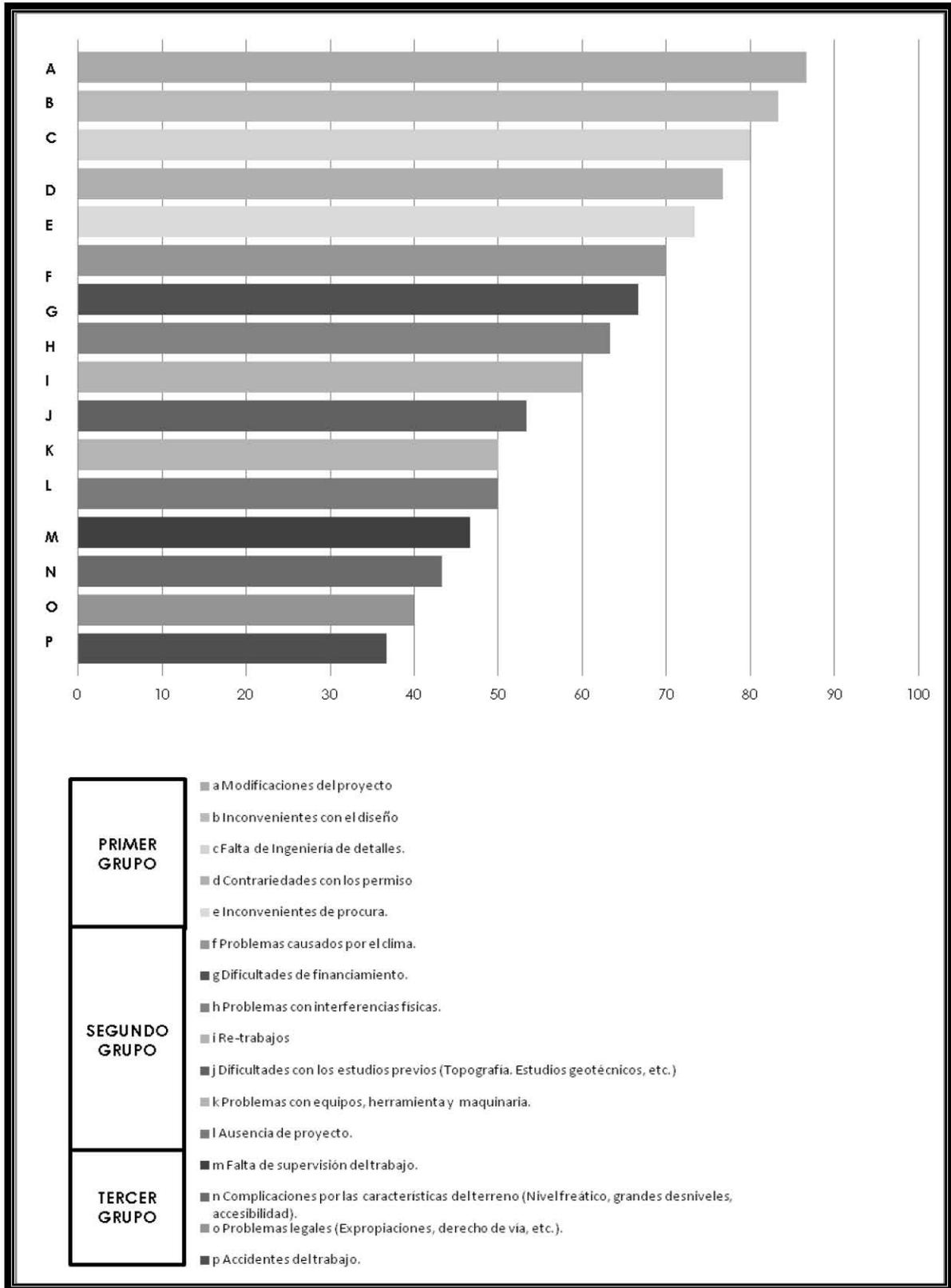


FIGURA 18. Dificultades en obra

El segundo grupo en relación con la frecuencia plantea factores de la empresa tanto internos como de influencia externa. Este grupo representa los aspectos no críticos, pero de alguna manera importantes y deben ser tratados y previstos en su oportunidad. Se enumeran a continuación: primeramente nos encontramos con Problemas con el clima (70%) y problemas con interferencias físicas (63%), aunque son del tipo externos, la mayoría de las veces influyen de manera considerable (nótese en el porcentaje) durante la ejecución de una obra, aún así, se pueden prever y generar mecanismos adecuados para minimizar las consecuencias en la misma.

Uno de los factores internos que se encuentra dentro de este grupo son las dificultades de financiamiento (67%), aunque no es un aspecto técnico o “constructivo” es un muy importante ya que puede incluso detener la producción en una obra, por lo tanto se debe cuidar con excesivo interés. Los re-trabajos (60%), es decir un mismo trabajo realizado varias veces o por lo menos dos veces, pueden ser consecuencia de otros aspectos presentes en esta misma lista, por ejemplo la falta de supervisión, entre otros. El siguiente en la lista es Dificultades con los estudios previos (53%), se recomienda realizar una revisión exhaustiva de los mismos antes de que sean entregados formalmente, así como también una metodología ya establecida para un sistema de reuniones, formatos, revisiones y entrega formal del estudio. Estos estudios generalmente son realizados por profesionales y empresas externas.

Problemas con equipos, maquinarias y herramientas (50%), pueden evitarse calendarizando el uso de éstos, para que se encuentren en el sitio cuando se necesiten, también se debe buscar dentro de la empresa desarrollar una cultura de mantenimiento preventivo de los mismos, logrando con esto tenerlos a tiempo y evitando retrasos por el cambio de maquinaria.

El último aspecto de este grupo “Ausencia de proyecto” (50%), esta situación llama mucho la atención que ocurra y con esta frecuencia. Ya que generalmente no se puede iniciar un proyecto si no se cuenta con el diseño. Sin embargo,

cuando se ejecuta el diseño a la par que se va construyendo, dicha obra se llevará a cabo en mayor tiempo debido a las indefiniciones que vayan surgiendo en el camino, es decir entre mas incompleto esté el proyecto, más retrasos surgirán a la hora de la ejecución.

Aunque este grupo se considera en el nivel medio, los porcentajes que se presentan están dentro de un rango del 47 al 60%.

En el tercer grupo encontramos solamente cuatro aspectos, Falta de supervisión de los trabajos (46%), Complicaciones con las características del terreno (43%), Problemas legales (43%) y accidentes de trabajo (40%); éstos se consideran con menor frecuencia, sin embargo no deben descuidarse ya que pueden crear problemas serios a la empresa.

Es importante destacar que el orden que arroja el gráfico corresponde a la muestra de empresas encuestadas, se puede dar la posibilidad de que una empresa en particular tenga un orden distinto al planteado, por lo tanto es de vital importancia para aquella empresa que desee mejorar la gestión de la construcción y erradicar o minimizar las dificultades que se presentan durante la ejecución de las obras, conocer su jerarquía en particular para así comenzar planteando mecanismos para el aspecto que presente mayor frecuencia.

Se considera esta lista de dificultades en obra de gran importancia, ya que puede representar el punto de partida de cualquier plan de acción que quiera emprender una empresa al iniciar una mejora dentro de su gestión de la construcción.

### III.5.7. CALIDAD Y SEGURIDAD EN EL PROYECTO.

No existe constructibilidad sin seguridad, es decir, que los procedimientos constructivos deben de incluir las practicas de un trabajo seguro.<sup>27</sup> Según el PMIBOK GUIDE<sup>28</sup> se deben incluir los procesos para asegurar que el proyecto de construcción sea ejecutado previniendo riesgos que pudieran originar lesiones en los trabajadores y daños en la propiedad. Por lo que en esta sección se trato de medir la calidad y la seguridad en las obras de las empresas que se encuestaron.

La influencia de la práctica común en la industria de la construcción, aparentemente cuenta con pocos estándares de trabajo y con una cultura de calidad enfocada en la supervisión, más que en los procesos para asegurar la calidad y prevención de fallas. Esto trae como consecuencia retrabajos, desperdicios y gastos que impactan fuertemente en la productividad de la empresa, en el éxito del proyecto y por consiguiente en la satisfacción del cliente.

La calidad es el factor principal que determina la satisfacción de los usuarios y el cumplimiento del objetivo del proyecto. La calidad habla sobre el cumplimiento de los criterios de aceptación o requerimientos que se establezcan para el proyecto.

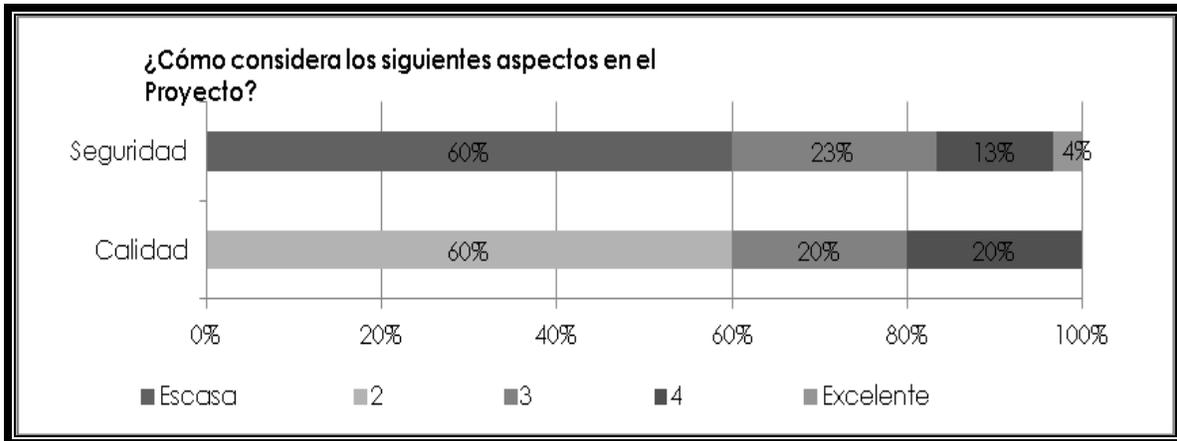
Treinta de los contratistas dieron respuesta a las preguntas sobre la calidad del proyecto. De estos, el 40% de los encuestados evaluaron la calidad en los proyectos como "promedio" (puntuación de 3 ó 4) y el otro 60% evaluaron la calidad de proyecto como "bueno " (puntuación de 1). Treinta de las empresas encuestadas respondieron a la pregunta sobre la seguridad durante la ejecución del proyecto. De estos, 36% calificaron sus proyectos en la "media" y el 60% de los encuestados calificaron su proyecto "seguridad escasa". Es preocupante notar en

---

<sup>27</sup> Dr. Ing. Xavier Brioso Lescano. "Gestión de seguridad en proyectos de construcción según la Extensión del PMBOK, caso español", en Project Management Institute, PMI Global Congreso 2005- Latin America (2005), Ciudad de Panama (Panamá).

<sup>28</sup> Project Management Institute, Construction Extension to a guide to the Project Management Body of knowledge (PMBOK Guide) (Newton Square PA,USA: Project Management Institute 2003).

la Figura 19 que solo el 3% de los encuestados menciono como excelente la seguridad que existe en sus obras durante la ejecución de los proyectos.



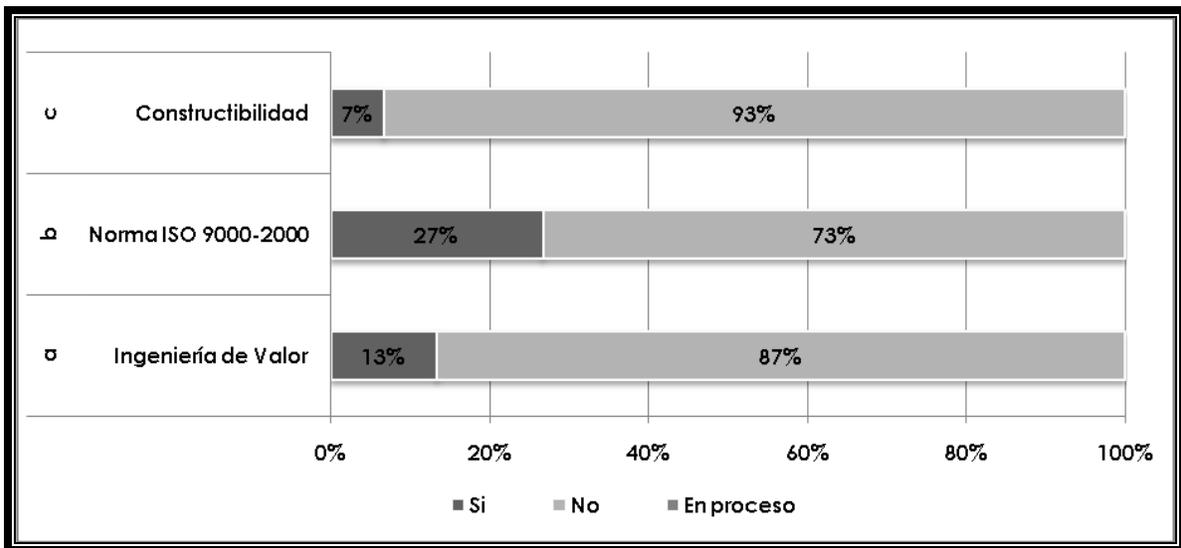
**FIGURA 19.** Calidad y seguridad en el proyecto

### III.5.8. PROGRAMA DE CONSTRUCTIBILIDAD.

En este apartado se mide el uso y aplicación de procesos de mejora como son: Ingeniería de Valor, la certificación ISO 9000:2000 y por último el Programa de Constructibilidad, que finalmente es el de interés de esta investigación. Cabe destacar que para llevar la aplicación de cualquiera de estos sistemas se requiere un cambio en la cultura de la empresa, es por ello, que aunque el interés de esta investigación se base en la constructibilidad; se debe hacer notar la importancia de que si una empresa aplica o está en proceso de aplicar la ingeniería del valor o la certificación ISO 9000:2000, ya tiene un gran camino recorrido en el mejoramiento continuo y por lo tanto sería más fácil la implementación de la constructibilidad en la misma.

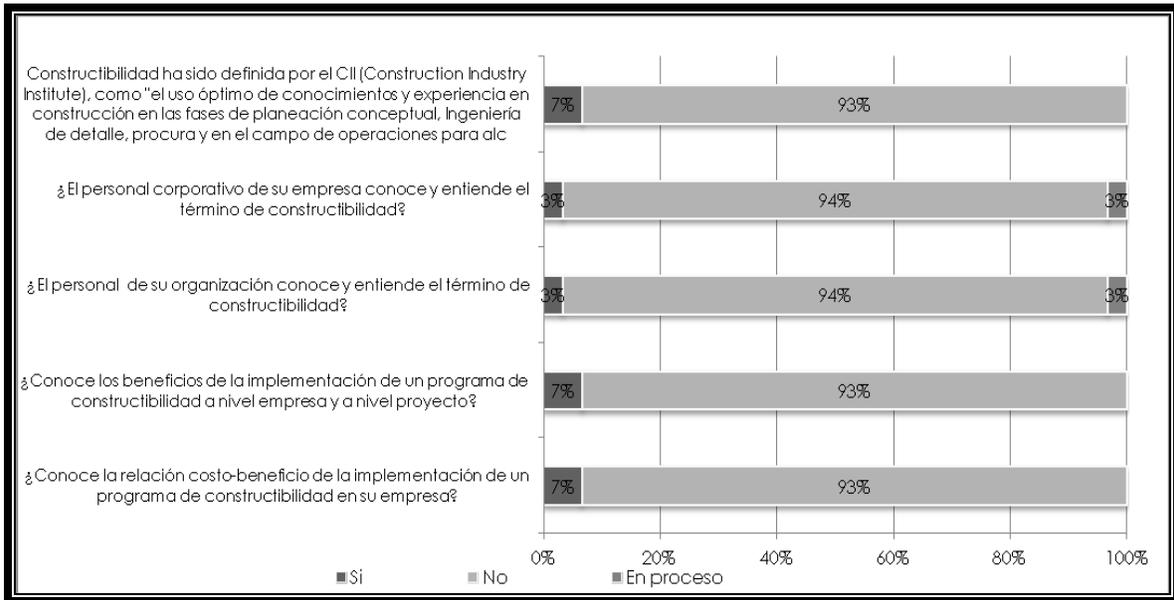
En la Figura 20 se muestra que porcentaje de las empresas encuestadas aplican los procesos arriba mencionados. Se observa que solo el 7% de las empresas aplican programas de constructibilidad, el 13% aplican la ingeniería de Valor y el

27% están en proceso o certificados por la Norma ISO 9000, por lo que se considera que se considera que la aplicación de mejoras en la industria de la construcción no se le está dando mucha importancia. Cabe mencionar que la aplicación de la Norma ISO 9000, en ocasiones únicamente se aplica por el nivel de prestigio que les da a las empresas, sin embargo cuando no se llega a aplicar con el fin para el que fue creada, las empresas tienden a saturarse de procedimientos, los cuales generan procesos lentos y burocráticos.



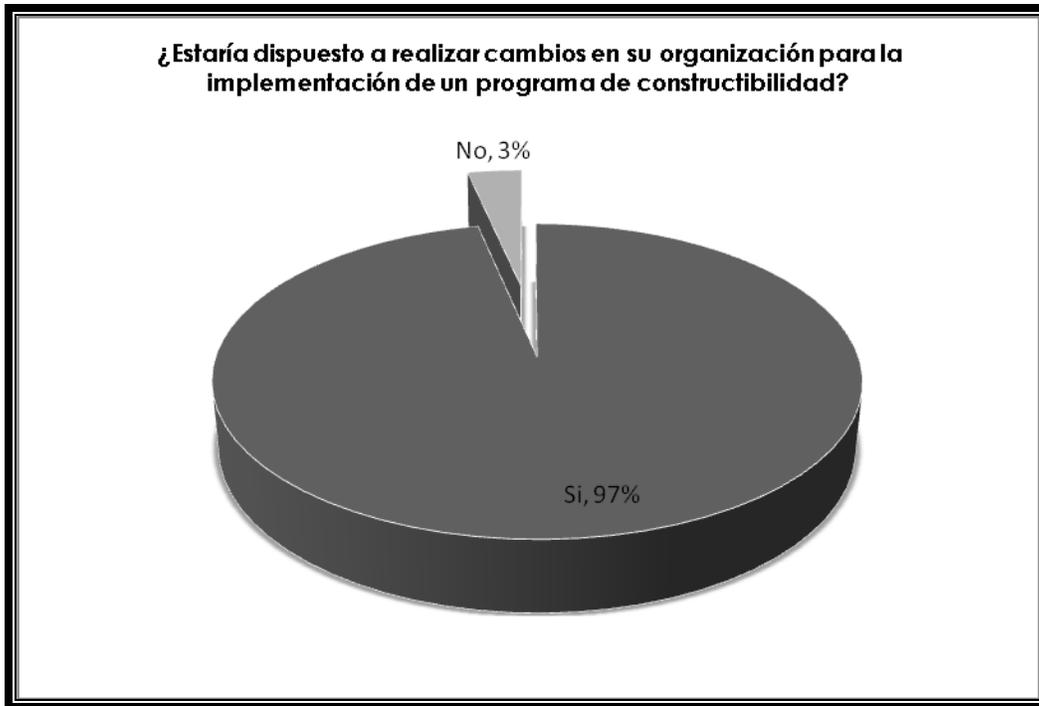
**FIGURA 20.** Mejoras aplicadas en nuestro país.

La Figura 21 se refiere al conocimiento en sí del programa de constructibilidad, se observa el poco conocimiento de las empresas encuestadas. Alrededor del 93% no tiene conocimiento sobre el término de constructibilidad, ni de los beneficios de su implementación y la relación costo-beneficio de la implementación de los principios de constructibilidad en la empresa.



**FIGURA 21.** Conocimiento del programa del constructibilidad.

Sin embargo, la Figura 22 es muy significativa, ya que sin importar el hecho de que la mayoría de las empresas no tengan conocimiento sobre la constructibilidad, la disposición a su implementación es muy alta (97%). Esto quiere decir que hay una necesidad muy amplia para generar cambios que tengan como objetivo mejorar la productividad de los procesos internos de las empresas. Se sabe que ejecutar cambios trascendentales en una empresa no es fácil, requiere de tiempo y dedicación, sin embargo los encuestados, manifiestan estar dispuestos a llevarlos a cabo en pro de optimizar su productividad, efectividad, eficiencia, rentabilidad, y por ultimo mejorar la gestión de la construcción en los proyectos de la empresa.

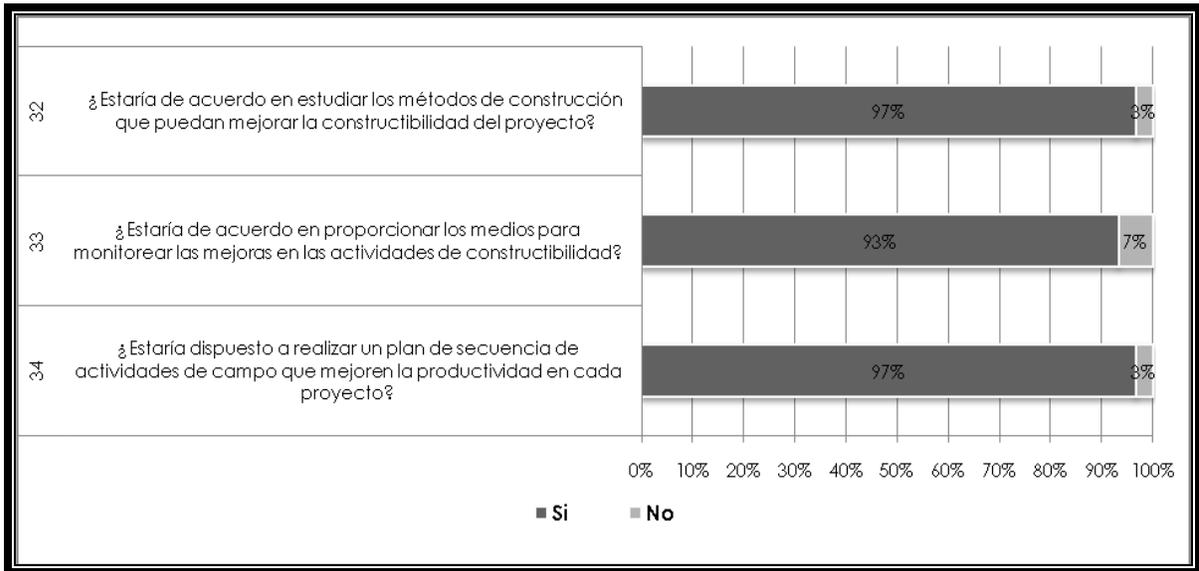


**FIGURA 22.** Disposición a la implementación del programa

La Figura 23 nos muestra los cambios que están dispuestos a realizar las empresas para llevar a cabo una mejora en la gestión en la construcción, aplicando los conceptos de constructibilidad, la mayoría (97%) de las empresas muestran una gran disposición para adoptar actividades como estudiar los métodos de construcción para encontrar el que mejore la constructibilidad del proyecto, proporcionar los medios de monitoreo de las mejoras del programa de constructibilidad y elaborar un plan de actividades de campo que mejoren la productividad de cada proyecto. Estas tres son actividades muy importantes dentro del concepto de constructibilidad por lo que es importante notar que los directivos encuestados están dispuestos a llevarlas a cabo, resaltando con esto la enorme disposición que se tiene para la implementación de las mejoras dentro de la gestión de la construcción.

Esta disposición nos muestra que se puede lograr un cambio en la gestión en la construcción en nuestro país, ya que se cuenta con empresas que están de

acuerdo en realizar cambios para lograr una mejora en la gestión en la construcción llevando a cabo la aplicación de los conceptos de constructibilidad dentro de las etapas iniciales del proyecto.



**FIGURA 23.** Actividades para la implementación del programa

La implementación de constructibilidad deberá reflejarse en la reducción de desperdicios, la reducción de tiempos y movimientos innecesarios, el uso eficiente de los recursos en la ejecución, cumplimiento de programas, reducción de sobrecostos, retrabajos, etc.

La implementación de la constructibilidad dará certeza al constructor sobre la integración y definición completa del proyecto que se vaya a ejecutar.

### III.6. CONCLUSIÓN CAPITULAR.

La encuesta aquí realizada fue de mucha utilidad, ya que por medio de ésta podemos obtener resultados en conjunto y analizarlos para emitir así un

diagnostico de la administración de la constructibilidad en dependencias y empresas de infraestructura en nuestro país.

En México, la mayoría de las dependencias y empresas de infraestructura no contratan profesionales con conocimientos y experiencia en construcción en las etapas iniciales de un proyecto de infraestructura. Contratar personal de construcción en las primeras etapas del ciclo de vida de un proyecto conlleva a una inversión mayor al inicio del proyecto, por eso es que generalmente no se da esta participación.

La mayoría de las actividades realizadas en la etapa de ejecución del proyecto, es decir en la etapa de construcción, se deben planear y prever durante las etapas de diseño y planeación, basándose en los resultados emitidos por el análisis de los cuestionarios se puede decir que la construcción de proyectos de infraestructura en México no se apega a estos parámetros. No se le da la importancia que merece la planeación y el diseño de un proyecto, las causas pudieran ser económicas, sociales o culturales, políticas.

En los proyectos de construcción de infraestructura en nuestro país existe una clara separación de actividades, es decir el equipo de diseñadores y constructores no interactúan en relación con las actividades del proyecto, como lo muestran los resultados de la encuesta, no se realiza una actividad de equipo entre estos dos grupos.

Las hipótesis descritas en el capítulo anterior se comprobaron con este análisis realizado. Las dos primeras hipótesis involucran la participación temprana de profesionales con conocimientos y experiencia en construcción en un proyecto, podemos decir por los resultados obtenidos que en México no existe la temprana participación de los profesionales de la construcción en las obras de infraestructura trayendo como consecuencia primeramente una deficiente gestión de la construcción en los proyectos de infraestructura, y de alguna

manera esto resulta en el aumento de los costos finales y sobre todo del programa de obra.

La última hipótesis habla sobre la implementación de un programa de constructibilidad en los proyectos de infraestructura, buscando con esto la disminución de las modificaciones de diseño que generalmente se encuentran en todos los proyectos de infraestructura. La implementación de la constructibilidad no se ha dado en empresas de infraestructura en nuestro país ya que sigue teniéndose un gran número de órdenes de cambio en la etapa de construcción del proyecto.

Lo importante es la disponibilidad que muestren los directivos de las empresas y directores de las dependencias, para la implementación de este concepto en la ejecución de los proyectos.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos por la aplicación del cuestionario, descritos con anterioridad y tomando en consideración la situación actual de las empresas de obras de infraestructura de nuestro país en cuanto al uso y conocimiento del término de constructibilidad, las conclusiones a las que se han llegado, se explican en los siguientes párrafos:

La mayoría de las empresas encuestadas desconoce el concepto de "Constructibilidad", por esta razón, podemos decir que la aplicación de la técnica es casi nula en nuestro país. Sin embargo, debido a que los resultados de la encuesta muestran que las diferentes dependencias y empresas presentan una amplia disponibilidad para generar cambios para la implementación de este programa, considerando que ayude a optimizar los procesos internos y de ejecución de las obras, mejore el rendimiento de los recursos y genere beneficios económicos, existe una posibilidad para la aplicación de este método. Tomando en cuenta que la aplicación de la mejora debe realizarse en donde resulte más efectiva, lo más conveniente es implementarla durante la etapa de planeación y diseño, pero también se pueden aplicar estos principios de constructibilidad durante la etapa de procura (abastecimiento), así como en la ejecución de la obra, esto quiere decir que hay una necesidad extendida de generar cambios para mejorar la productividad de los procesos internos de las empresas, esto puede ser, bien utilizando la constructibilidad o cualquier otro programa de mejoramiento continuo que les aporte alguna solución a sus necesidades.

Los resultados de la encuesta, muestran que las dependencias y las empresas presentan las barreras muy marcadas para la implementación de la constructibilidad, esto indica que en la mayoría de las empresas existen elementos que impiden de facto la implementación efectiva de dicho programa. Los rompedores de barreras que se deben utilizar para la correcta implementación del programa son del tipo legal, contractual, cultural, de procedimiento y de conciencia, según el CII de Texas. Encontrar los

rompebarreras correctos sería cuestión de analizar por separado cada una de las dependencias y empresas, pero aquí se dará un panorama general de cuáles son las actividades que sería conveniente implementar para poder alcanzar un eficiente programa de constructibilidad. Las barreras que deben atacarse en primer lugar son los síntomas más frecuentes, tales como la falta de documentación de errores cometidos y sus posibles correcciones, el poco tiempo para el pensamiento estratégico y la falta de revisión del proyecto durante el proceso de diseño por parte del personal de construcción.

El sector de construcción mexicano dentro de su gestión sufre un grave deterioro, mostrando los resultados, que se tiene una baja previsión de todas las actividades del ciclo del vida del proyecto, falta un pensamiento más estratégico por parte de los responsables de la gestión de la construcción dentro de un proyecto para con esto disminuir cualquier tipo de percance que pudiera encontrarse durante la etapa de construcción.

Se tiene como consecuencia que los proyectos de construcción presenta una baja productividad (Serpell, 2002), por lo que se recomienda la integración de los principios de constructibilidad, ya que éstos han demostrado en investigaciones previas en el CII Texas (Preview of Constructability implementation, 1993), reducción en los excesos de costos por concepto de errores, y reducción de los retrasos en el programa en porcentajes importantes.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de un "Estudio de constructibilidad" en los diferentes proyectos de infraestructura en México, éste se define como un proceso que utiliza personal de construcción con conocimientos extensos en la materia, en las primeras etapas de un proyecto: planeación conceptual y diseño, esto para garantizar que los proyectos sean construibles, rentables, licitables y de fácil mantenimiento (AASHTO, 2000). Con la aplicación de este proceso se puede

mejorar la gestión en la construcción y disminuir las dificultades en obra que pudieran presentarse por falta de diseño con una óptica constructiva.

La participación del equipo técnico debe de introducirse a partir del proceso de planeación en donde se establecen las estrategias para llevar a cabo el proyecto. Es en esta etapa, en donde la experiencia de campo agrega su mayor valor, pues su aportación principal radica en realizar un programa de proyecto realista, soporte en la propuesta de los estimados de costo; y en la definición de estándares y especificaciones de calidad para asegurarla a través de todo el proceso y no sólo aplicar las acciones correctivas necesarias. En este punto es en donde el concepto de calidad en la obra tiene que dar un giro importante y buscar siempre un enfoque de prevención y no como se realiza actualmente, sumamente apoyado en la inspección y reaccionando a como 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.

Desde la definición del alcance y durante el diseño, deben establecerse criterios o requerimientos en las especificaciones del proyecto, en estas etapas el equipo ejecutor debe intervenir activamente para poder planear y elaborar mecanismos de aseguramiento de la calidad del proyecto.

Pero también los resultados anteriores muestran un conjunto de problemas que enfrenta la construcción, destacándose entre ellos la falta de integración que existe entre las etapas de Planeación, adquisiciones, diseño y construcción de un proyecto, cada una de las cuales es normalmente ejecutada por distintas entidades. Por otro lado, el mejoramiento individual de estas funciones no promueve necesariamente los mejores resultados de una obra. La constructibilidad integra estas partes y se transforma en una de las herramientas más útiles para los dueños o gerentes de proyectos.

La participación del conocimiento y experiencia constructora en todas las actividades preliminares de un proyecto, ayuda a una operación más eficiente y eficaz en campo, al hacer posible prever problemas que pueden acontecer en la obra y tomar así las medidas que puedan solucionarlos en forma anticipada, durante la etapa de diseño o planificación.

En la preparación de los planes de ejecución de un proyecto, el cliente o dependencia debe establecer su estrategia de contratación de servicios de construcción de acuerdo a la Normatividad vigente. Esta estrategia está gobernada por varios factores, tales como la preferencia del dueño en cuanto al esquema contractual a usar (Precio Alzado, Precios Unitarios u otros), o si lo prefiere, concentrar responsabilidades a través de un solo contratista para llevar a cabo el diseño y construcción o dividirlos al optar por contratistas independientes de diseño y construcción. La estrategia específica para un proyecto esta dada, finalmente, por las condiciones del trabajo y por los objetivos que el cliente tenga.

Durante el desarrollo de esta tesis se mencionó 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 normalmente ejecutada por distintas entidades. Por otro lado, el mejoramiento individual de estas funciones no promueve necesariamente los mejores resultados de una obra. La constructibilidad integra estas partes y se transforma en una de las herramientas más útiles para los dueños o gerentes de proyectos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que los distintos tipos de contratos existentes aportan el conocimiento y experiencia en construcción en diferentes condiciones y oportunidad. Por ejemplo, en un contrato a precio alzado o de precios unitarios, el contratista normalmente se integra al proyecto una vez que el diseño está completamente terminado, no participando en absoluto en el desarrollo de las etapas iniciales. En este caso el dueño debe buscar otro tipo de

solución para contar con la experiencia de construcción anticipadamente, tales como:

- Seleccionar un contratista para el diseño y construcción, incorporando con anticipación su conocimiento y experiencia para que ayuden en la etapa conceptual.
- Elegir un contratista como consultor de constructibilidad durante la etapa conceptual.
- Utilizar un Administrador de Construcción (Construction Manager) que incorpore la constructibilidad entre sus responsabilidades.
- Contratar a un profesional de construcción experimentado, como consultor para la constructibilidad.

Se recomienda la creación de un comité de constructibilidad dentro de las Instituciones educativas, tomando en cuenta que debe tener participación activa en el sector productivo, con el fin de trabajar en conjunto para el mejoramiento de la gestión de la construcción de las distintas empresas y profesionales relacionados con el sector de la construcción que laboran en la Ciudad de México y en los diferentes estados del país.

Con esta investigación se demostró que se presenta un alto grado de desconocimiento de la existencia del programa de constructibilidad y sobre todo de sus beneficios en costo y tiempo, por lo que se recomienda que el sector académico se involucre activamente, es decir ejecutando un plan de capacitación permanente que tenga como objetivo mejorar la administración de la constructibilidad en las empresas dedicadas a obras de infraestructura en México.

Se recomienda profundizar la investigación en varios aspectos relacionados con la gestión de la construcción y la implementación del programa de constructibilidad en nuestro país, tomando como base el presente trabajo, estos temas pudieran ser: (a) El Profundizar en las causas de las barreras y problemas

para la implementación de la constructibilidad. (b) Investigar sobre las razones por las cuales las obras no se construyen tal como fueron diseñadas, para así buscar los correctivos necesarios a esta problemática. (c) Medición de los porcentajes de trabajos productivos y del fenómeno de aprendizaje de las empresas, con el fin de establecer metas certeras para el mejoramiento de la productividad en obras. (4) Indagar en las razones por las cuales existen interrupciones de las actividades y de las obras en general; así como también de las causas por las cuales las programaciones de las obras no son efectivas. (5) Evaluar las razones por las cuales se presentan dificultades en las obras, para así determinar las acciones correctivas que favorezcan la productividad y la reducción de tiempos y costos en obra.

Y finalmente se considera que para que un país sea competitivo, debe ofrecer productos y servicios innovadores, de alto valor agregado e intensivos en conocimiento, lo cual depende en parte al reconocimiento que una sociedad otorgue a las ideas y la creatividad. Considerando esta aseveración se debe incluir la práctica de la constructibilidad como una mejora en la construcción en nuestro país, ya que se requiere alcanzar una mejor calidad en los proyectos de infraestructura.

La constructibilidad en México lograría mejores beneficios durante la ejecución de los proyectos de infraestructura, pero existen dos situaciones que detienen de manera muy significativa este proceso, primeramente existen en la normatividad, es decir en la Ley de Obras Públicas y Servicios relacionados con las mismas, en el párrafo cuarto del Artículo 25, que dice a la letra:

“Para la realización de obras públicas se requerirá contar con los estudios y proyectos, especificaciones de construcción, normas de calidad y el programa de construcción totalmente terminados, o bien, en el caso de obras públicas de mayor complejidad, con un avance en su desarrollo que permita a los licitantes preparar una proposición solvente y ejecutar los trabajos hasta su conclusión en

forma ininterrumpida, en concordancia con el programa de ejecución convenido."<sup>29</sup>

Con lo que nos dice que para poder licitar una obra, los funcionarios tienen que tener el proyecto terminado o en su mayor parte, por lo que la entrada de la empresa que va a construir el proyecto no se permite en el diseño, hasta que la dependencia lo entrega terminado o en su totalidad, por lo que con esta es una de las limitantes o barreras que impiden la aplicación del proceso de constructibilidad en nuestro país.

La otra de las barreras más significativa es que existe un conflicto de intereses entre las tres partes, es decir: el cliente, el proyectista y el constructor, primeramente al proyectista no le interesa si en la construcción del proyecto se gasta más de lo que se había presupuestado o menos, el proyectista no gana, ni pierde por tal motivo, no tendría ningún interés en la aplicación de el proceso de constructibilidad. Por otro lado el constructor mientras más aumente el monto de la obra que va a ejecutar, mayor será su utilidad, por lo que no tendría razón alguna para la aplicación de una técnica que disminuirá los tiempos y el presupuesto del proyecto, al único que traería beneficios esta técnica, viendo de esta manera sería al cliente.

Pero se pudiera negociar, de tal manera que las tres partes salieran beneficiadas con el ahorro que se puede alcanzar con la implementación de la constructibilidad, es decir por ejemplo: por cada peso ahorrado por la aplicación de la técnica, el constructor puede quedarse con 20 centavos, el proyectista con 10 centavos y por último el cliente con los 70 centavos restante y de esta manera alcanzar los objetivos del proyecto en tiempo, precio y calidad.

---

<sup>29</sup> Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas, Artículo 25, Pág. 32, México 2009

## BIBLIOGRAFÍA.

### OBRAS CONSULTADAS.

- GAMBATESE A., JHON, POCOCK B. JAMES, "*Constructability, concepts and practice*", *American Society of Civil Engineers, United States of America 2007*, Pp.142.
- GARAS F.K., GST, ARMER AND J.L. CLARKE, "*Building the Future, Innovation, design materials y construction*", London, Primera edición, Londres 1994. Pp. 378.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI ROBERTO, "*Metodología de la Investigación*". España, 2008. Pp. 560
- MCGEORGE DENNY, PALMER ANGELA, "*Construction Management*", Edit. Blackwell Science, USA 2002. Pag. 55.
- SERPELL B., ALFREDO, "*Administración de Operaciones de Construcción*", Alfaomega, Ediciones Universidad Católica de Chile, Chile, 2000, Pp. 291.
- RICK BEST & GERALD THE VALENCE, "*Construction, Building in Value*", Edit. Butterworth-Heinemann, London England 2002, Pp. 256.

### TESIS CONSULTADAS.

- CASTRO RODRÍGUEZ JUAN EDUARDO, "*Constructabilidad aplicada en Edificación*", Tecnológico de Monterrey, México 2002, Pp. 94
- MARTÍNEZ VÁZQUEZ, SUSANA EDITH, "*Implantación de un Programa de Constructibilidad en un Proyecto de Interés Social*", Tecnológico de Monterrey, México 2000.
- ORMAZABAL SÁNCHEZ GARZCA. "*El IDS, Un Nuevo Sistema Integrado de Toma de Decisiones para la Gestión de Proyectos Constructivos*", España 2002, Pp. 270.

PARADO ROMERO MARÍA ELENA, "*Constructabilidad en Proyectos de Edificación con Elementos Prefabricados de Concreto en México*", Tecnológico de Monterrey, México 2004, Pp. 138

#### PUBLICACIONES

ARDITI, D.; ELHASSAN, A. & TOKLU, Y. C. (2002) "*Constructability Analysis in the Design Firm*". *Journal of Construction Engineering and Management.*, Pp. 117-126.

*Construction Industry Institute (CII)*. (2004). "*Constructability: A primer*", Publication 3-1, The University of Texas, in Austin, Tex. Pp. 21

*Construction Industry Institute (CII)*. (2004), "*Preview of Constructability Implementation*", The University of Texas at Austin, Pp. 33

*Construction Industry Institute (CII)*. (1993). "*Program Assessment and Barriers to implementation*", The University of Texas at Austin, Pp. 200

*Construction Industry Institute (CII)*. (1993). "*Constructability Implementation Guia*", The University of Texas at Austin, Pp. 169

*Constructability Review Best Practices Guide* (2000) , AASHTO Subcommittee on Construction. Pp.30

*Construction Industry Institute Australia (CIIA)*. (1992). *Constructability principles file*, Adelaide, Australia.

DOUGLAS E., EDWARD III, (2009) "*Implementing Project Constructability*", TCM Framework: 11.5 –Value Management and Value Improving, AACE International Recommended Practice No. 30R-0 Practices (VIP's). Pp. 2, USA.

HAIDER, TAUQUIR, (2009) "*Financial Management of Construction Contracts (Constructability and its Relation with TQM, Cost Shifting Risk and Cost/Benefit)*" *International Research Journal of Finance and Economics* ISSN 1450-2887 Issue 28.

JERGEAS, G. & VAN DER PUT, J. (2001) *Benefits of constructability on construction projects*. *Journal of Construction Engineering and Management*. Pp. 281-290.

- NIMA A. MEKDAM; MOHD R. ABDUL-KADIR; MOHD S. JAAFAR; AND RIADH G. ALGHULAMI, (2004) "*Constructability Concepts in Kuala Selangor Cable-Stayed Bridge in Malaysia*", *Journal of Construction Engineering and Management.*, Pp. 315-325.
- ORIHUELA A., PABLO Y ORIHUELA, JORGE, (2003) "*Constructibilidad en Pequeños Proyectos Inmobiliarios*", VII Congreso Iberoamericano de Construcción y Desarrollo Inmobiliario A. M.D.I. Perú.
- POCKOC, JAMES, (2006) "*Constructability State of Practice Report*", *Journal of Construction Engineering and Management*, Pp. 373-383
- ROSALES CORREA LUIS. (2010), "*Los PPS en México. Experiencias en las áreas de educación y salud*", *Revista de Ingeniería Civil, Órgano Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles de México.*, Num. 47, México, Pp. 45.
- RUSSELL, J. and GUGEL, J (1993). *Comparison of Two Corporate Constructability Programs*. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 119 (4), 769-784.
- RUSSELL, J. S., AND GUGEL, J. G. (1992). "A comparison of two corporate constructability programs." *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE, 119(4), 769-784.
- RUSSELL, J. S., GUGEL, J. G., AND RADTKE, M. W. (1992a). "Benefits and costs of constructability: Four case studies." *Source Document 83*, *Constr. Industry Inst.*, Univ. of Texas at Austin, Austin, Tex.
- RUSELL S. JEFFREY, SWIGGUM E. KEVIN, "*Constructability Related to TQM, Value Engineering, and Cost/Benefits*"
- SAGHATFOROUSH, EHSAN (2009), "*Constructability Implementation Among Malaysian Building Contractors*". *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X Vol.29 No.4 Pp.518-532.
- SOLÍS CARCAÑO, R. G. (2009) "*La Administración de los materiales en construcción*" en *Revista de Ingeniería* Año No. 13-3, México, Pp. 110.
- TRIGUNARSYAH BAMBANG, (2004) "*Constructability Practices among Construction Contractors in Indonesia*", *M.ASCE Journal of Construction Engineering and Management* © ASCE Pp. 656-669

World Bank. (1984). The construction industry: Issues and strategies in developing countries, Washington, D.C.

PÁGINAS DE INTERNET:

<http://www.ridc.org.mx/Es/redacademica/quienessomos.php> Mayo 12, 2011.

[http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/programa\\_nacional\\_de\\_infraestructura](http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/programa_nacional_de_infraestructura) Abril 28, 2011

## ANEXO I

**CALCULO DE LA MUESTRA.**

Entonces se tiene que sustituyendo las siguientes formulas:

$$n' = s^2/se^2$$

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

En donde:

$$N = 100$$

$$se = 0.045$$

$$p = 0.90$$

Si sustituimos para el cálculo de la varianza al cuadrado ( $s^2$ ) se tiene que:

$$s^2 = p(1-p)$$

$$s^2 = 0.90(1-0.90) = 0.09 \text{ y}$$

$$se^2 = (0.045)^2 = 0.002025$$

Quedando:

$$n' = s^2/se^2$$

$$n' = 0.09/0.002025$$

$$n' = 44.44$$

Lo que nos da el tamaño de la muestra sin ajustar.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se tiene:

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

Sustituyendo:

$$n = 44.44/(1+(44.44/100)) = 30.86$$

Resultando el tamaño de la muestra de 30<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Isaac y Michael (1981) y Steiner (1982) coinciden en que las pruebas estadísticas convencionales señalan un límite de 30 para muestras pequeñas (Glass y Stanley, 1974; Haber y Runyon, 1973) podría considerarse este número como mínimo aceptable., así mismo Walpole y Myers, 2000, afirman “Para muestras de tamaño  $n = 30$ , sin importar la forma de la mayoría de las poblaciones, la teoría muestral garantiza buenos resultados”.

## ANEXO II

### ENCUESTA SOBRE CONSTRUCTIBILIDAD EN MÉXICO.



#### UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

"LA CONSTRUCTIBILIDAD Y SU ADMINISTRACIÓN EN MÉXICO".

#### ENCUESTA

##### Objetivo:

El objetivo de esta encuesta es conocer la opinión de un grupo de expertos en el área de la administración en la construcción y por medio de éstas medir las variables que influyen para su buen funcionamiento; así como el conocimiento que se tiene del concepto de constructibilidad dentro ésta.

##### Instrucciones:

El cuestionario está integrado por 8 secciones, de selección simple. Deberá marcar con una "X" la respuesta que considere al planteamiento a la pregunta dada.

No existen respuestas correctas o incorrectas; lo importante es que responda cada una de las cuestiones dadas de una manera libre y directa

Es imprescindible para fines de la investigación que las respuestas se basen en la realidad actual de su organización y no tomando en cuenta lo que desea o lo que piense.

Es importante destacar que el cuestionario es anónimo, es decir no debe colocar su cargo, su nombre u organización encuestada. Solo se solicitará información de la organización para fines estadísticos. La información proporcionada será manejada con estricta confidencialidad, analizada en conjunto y utilizada solo con fines académicos.

Cualquier duda sobre el cuestionario puede consultarnos.

**Atentamente:**

**Ing. María Teresa Tapia García**

DATOS DE LA ORGANIZACIÓN.

No. De clave de la empresa  Fecha

Años de experiencia de la organización: \_\_\_\_\_

Ciudades en las que opera: \_\_\_\_\_

Tipo de organización/compañía:

Dependencia de estado ..... 1

Compañía privada (Nacional) ..... 2

Multi-nacional ..... 3

El Tipo de servicios que desarrolla su organización es:

Diseño de proyectos y calculos ..... 1

Construcción de infraestructura (\*) ..... 2

Ingeniería Industrial (\*\*) ..... 3

Construcción de Edificios (\*\*\*) ..... 4

Construcción de Vivienda ..... 5

Otros ..... 6

Porcentaje de contrataciones de su organización:

Obra Pública \_\_\_\_\_

Obra Privada \_\_\_\_\_

(\*) Incluye estructuras de generación y almacenamiento de energía, irrigación, puentes, carreteras, oleoductos, sistemas de distribución de agua, sistemas de tratamiento y disposición y líneas de comunicación.

(\*\*) Incluye refinerías de petróleo y plantas de petroquímica, desarrollos de minas, plantas de manufactura y otras instalaciones esenciales para la Industria básica.

(\*\*\*) Incluye trabajos de arquitectura, estructurales, mecánicos y eléctricos.

SECCIÓN I IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS DE IMPLEMENTACIÓN							
		SIEMPRE	CASI SIEMPRE	ALGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA	
		4	3	2	1	0	
1	¿Tiene interés en implementar nuevas estrategias en su organización?						
2	¿El personal de su organización se toma un tiempo adecuado para el pensamiento estratégico?						
3	¿El personal de diseño contratado por su organización tiene conocimientos y experiencia en construcción?						
4	¿El personal de construcción de su organización revisa el diseño durante el proceso de diseño?.						
5	¿El personal de diseño y construcción interactúan respetuosamente?						
6	¿Considera que su personal está motivado a buscar nuevos enfoques e ideas para resolver problemas?						
7	¿Se evalúan los errores cometidos en las obras?						
8	¿Se documentan dichos errores con sus respectivas soluciones en una base de datos?						
9	¿Cree que es posible aumentar la eficiencia en las fases del ciclo de vida de un proyecto en su organización?						
10	¿Compara a su organización con empresas del sector?						
11	¿Se presentan las ideas del proyecto simples, de manera fácil de entender, sin conflictos?						
SECCIÓN II CONSIDERACIONES DE PROYECTO.							
		En la planificación	Diseño	Procura	Construcción	Rara vez	Nunca
12	¿En qué fase del proyecto se toman en consideración los siguientes aspectos?						
a	La previsión de accesibilidad de equipo y maquinaria						
b	La previsión de un espacio adecuado para almacenamiento y un sitio específico para trabajo en obra.						
c	La selección de los métodos constructivos.						
d	La disponibilidad de materiales.						
e	La disponibilidad de mano de obra capacitada.						
f	La adquisición de equipos y materiales no disponibles en la ciudad.						
g	Revisión del diseño.						

SECCIÓN II CONSIDERACIONES DE PROYECTO.							
		En la planificación	Diseño	Procura	Construcción	Rara vez	Nunca
12	¿En qué fase del proyecto se toman en consideración los siguientes aspectos?						
h	Revisión de especificaciones de diseño						
i	La alternativa de estandarización de elementos.						
j	La alternativa de diseños utilizando pre-ensamblados o modulación.						
k	Consideración de situaciones adversas tanto del terreno como del clima.						
l	La posibilidad del uso de métodos innovadores de construcción.						
m	Estudios de Factibilidad						
n	Realización del Programa						

SECCIÓN III DISEÑO						
		SIEMPRE	CASI SIEMPRE	AGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA
		4	3	2	1	0
13	¿Se emplea el tiempo necesario en el diseño para evitar órdenes de cambio?					
14	¿Utiliza planes de pre-construcción como bases para entrar al diseño?					
15	¿Las obras se construyen tal como fueron diseñadas?					

SECCIÓN IV PROGRAMACIÓN/CONTROL DE OBRAS.						
		SIEMPRE	CASI SIEMPRE	AGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA
		4	3	2	1	0
16	¿Se realiza la programación de las obras?					
17	¿Se cumple con la programación establecida?					
18	¿La duración real de la obra coincide con la duración de la propuesta?					
19	¿Se culmina la obra en su totalidad ?					

20 Al término de sus obras, ¿En qué rango del programa considera que se encuentran?

Termina antes de lo previsto			Dentro del Programa	El programa se excede			
> 10%	5-10%	0-5%		0-5%	5-10%	10-15%	> 15%

Explique brevemente el motivo \_\_\_\_\_

21 ¿En que rango considera que se encuentra el costo final de sus obras?

Menor que el presupuesto original			Dentro del Presupuesto o original	Mayor que el Presupuesto original			
> 10%	5-10%	0-5%		0-5%	5-10%	10-15%	> 15%

Explique brevemente el motivo \_\_\_\_\_

SECCIÓN V DIFICULTADES EN OBRA.						
		SIEMPRE	CASI SIEMPRE	AGUNAS VECES	RARA VEZ	NUNCA
		4	3	2	1	0
22	Durante la fase de construcción del proyecto ¿Con qué frecuencia se le han presentado las siguientes situaciones?					
a	Inconvenientes con el diseño					
b	Ausencia de proyecto.					
c	Dificultades con los estudios previos (Topografía. Estudios geotécnicos, etc).					
d	Falta de Ingeniería de detalles.					
e	Problemas con interferencias físicas.					
f	Problemas legales (Expropiaciones, derecho de vía, etc.).					
g	Dificultades de financiamiento.					
h	Problemas con equipos, herramienta y maquinaria.					
i	Modificaciones del proyecto					
j	Re-trabajos					
k	Permisos de paso, etc					

l	Problemas causados por el clima.					
m	Inconvenientes de procura.					
n	Falta de supervisión del trabajo.					
o	Accidentes del trabajo.					
p	Complicaciones por las características del terreno (Nivel freático, grandes desniveles, accesibilidad).					
<b>SECCIÓN VI CALIDAD Y SEGURIDAD EN EL PROYECTO</b>						
		Escasa				Excelente
	¿Cómo considera los siguientes aspectos en el Proyecto?	1	2	3	4	5
23	Calidad					
24	Seguridad					
<b>SECCIÓN VII CONOCIMIENTO DEL PROGRAMA.</b>						
			Si	No	En proceso	
25	Su organización aplica o utiliza los siguientes procesos					
a	Ingeniería de Valor					
b	Norma ISO 9000-2000					
c	Constructibilidad					
26	Constructibilidad ha sido definida por el CII (Construction Industry Institute), como "el uso óptimo de conocimientos y experiencia en construcción en las fases de planeación conceptual, Ingeniería de detalle, procura y en el campo de operaciones para alcanzar los objetivos del proyecto". ¿Ha escuchado este término antes?					
27	¿El personal corporativo de su empresa conoce y entiende el término de constructibilidad?					
28	¿El personal de su organización conoce y entiende el término de constructibilidad?					
29	¿Conoce los beneficios de la implementación de un programa de constructibilidad a nivel empresa y a nivel proyecto?					
30	¿Conoce la relación costo-beneficio de la implementación de un programa de constructibilidad en su empresa?					
<b>SECCIÓN VIII DISPOSICIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA</b>						
			Si	No		
31	¿Estaría dispuesto a realizar cambios en su organización para la implementación de un programa de constructibilidad?					
32	¿Estaría de acuerdo en estudiar los métodos de construcción que puedan mejorar la constructibilidad del proyecto?					
33	¿Estaría de acuerdo en proporcionar los medios para monitorear las mejoras en las actividades de constructibilidad?					
34	¿Estaría dispuesto a realizar un plan de secuencia de actividades de campo que mejoren la productividad en cada proyecto?					

## ANEXO III

### RELACIÓN DE LAS PREGUNTAS CON ALGUNAS DE LAS BARRERAS INVESTIGADAS POR EL CII

No.	BARRERA QUE IMPIDE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONCEPTO DE CONSTRUCTIBILIDAD	PREGUNTA DEL CUESTIONARIO
1	COMPLACENCIA CON EL "STATUS QUO"	Existe interés en implementar nuevas estrategias
		Cree que es posible aumentar la eficiencia en las fases del ciclo de vida de un proyecto en su organización
		Poco tiempo para el pensamiento estratégico
		Falta de motivación a considerar innovaciones para resolución de problemas.
2	FALTA DE EXPERIENCIA EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN POR PARTE DE DISEÑO	El personal de diseño contratado por su organización tiene conocimientos y experiencia en construcción
3	LA PARTICIPACION DE LA CONSTRUCCIÓN SE SOLICITA DEMASIADO TARDE PARA SER DE VALOR	El personal de construcción de su organización revisa el diseño durante el proceso de diseño.
4	FALTA DE RESPETO MUTUO ENTRE DISEÑADORES Y CONSTRUCTORES	El personal de diseño y construcción interactúan respetuosamente
5	FALTA DE DOCUMENTACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN DE "LECCIONES APRENDIDAS"	Falta de evaluación de los errores cometidos en las obras
		Falta de documentación de errores con sus respectivas soluciones en una base de datos
6	PERCEPCIÓN DEL PROPIETARIO DE "NOSOTROS LO HACEMOS"	Compara a su organización con empresas del sector. Satisfacción con los esfuerzos actuales, ningún deseo de mejorar o aumentar la eficacia, falta visión de <i>bechmarking</i> (no hay comparación del desempeño).
7	PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN ENTRE ÁREAS (POR PARTE DE LOS CONSTRUCTORES Y DISEÑADORES)/FALTA DE SIMPLICIDAD.	Se presentan las ideas del proyecto simples, de manera fácil de entender, sin conflictos