

Administración y Tecnología para el Diseño

Octubre de 2011.

## Compilación de Artículos de Investigación

No. reserva: 04-2011-112310421200-102

Administración de empresas constructoras y de diseño.

Diseño con tecnologías de vanguardia.

Administración y control de la construcción y de la producción.

Integración de sistemas de información para la construcción y manufactura.

La administración para la innovación y la tecnología.

So. Congreso Internacional



Gilberto A. Corona Suárez  
Fernando E. Abreu Gracia  
Carlos E. Arcudia Abad

La constructabilidad en el diseño de  
proyectos de edificación de la ciudad  
de Mérida

Páginas 269-283

En:

Compilación de artículos de investigación  
[octubre 2011]. México: Universidad Autónoma  
Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de  
Ciencias y Artes para el Diseño, 2011.

ISSN: 2007-7564

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana



Casa abierta al tiempo Azcapotzalco

Universidad Autónoma  
Metropolitana  
Unidad Azcapotzalco

<https://www.azc.uam.mx>



Ciencias y Artes para el Diseño

División de Ciencias y Artes para el Diseño

<https://www.cyad.online/uam/>

Procesos

y Técnicas de Realización

Departamento de  
Procesos y Técnicas de  
Realización

<http://procesos.azc.uam.mx/>



Área de Administración y Tecnología para el  
Diseño

<https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/>



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se  
describe como

Atribución-NoComercial-SinDerivadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

© 2011. Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Se autoriza copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando se den los créditos de manera adecuada, no puede hacer uso del material con propósitos comerciales, si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. Para cualquier otro uso, se requiere autorización expresa de la UAM.

## **LA CONSTRUCTABILIDAD EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉRIDA**

**Dr. Gilberto A. Corona Suárez**  
**Arq. Fernando E. Abreu Gracia**  
**Dr. Carlos E. Arcudía Abad**

Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, Facultad de Ingeniería  
correo: csuarez@uady.mx

### **RESUMEN**

La constructabilidad describe la manera con la cual el diseño de un edificio facilita su construcción. La experiencia y el conocimiento sobre este concepto han derivado en el establecimiento de una serie de principios que han facilitado la mejora de la productividad y la calidad en las construcciones de diversos países. Sin embargo, en el contexto local no existen indicios sobre la aplicación de estos principios, por lo que se realizó un estudio al respecto en las firmas dedicadas al diseño de proyectos de edificación en la ciudad de Mérida. Este incluyó el diseño de un instrumento para medir la frecuencia de aplicación de las prácticas inherentes a dichos principios, el cual se aplicó a una muestra de firmas de diseño y constructores. Los resultados dan cuenta de que a pesar de que los diseñadores locales desconocen qué es la constructabilidad, se obtuvo un grado de aplicación significativo: 67% entre los diseñadores y 66% de acuerdo a los constructores. También se identificaron los factores que inhiben la aplicación de la constructabilidad en el contexto local, destacando la falta de una cultura de planeación y diseño y un alto grado de informalidad en la realización de los proyectos de edificación.

### **PALABRAS CLAVE**

Palabras clave: Constructabilidad, principios de constructabilidad, firmas de diseño

## INTRODUCCIÓN

El diseño es la etapa de un proyecto de construcción en la que las ideas, deseos y necesidades del cliente son conceptualizados en un modelo físico que precisa las especificaciones del proyecto (Freire y Alarcón, 2002). Ahuja et al. (1994), Fayek y Sun (2001) señalan que es también en esta etapa cuando los cambios y modificaciones en el proyecto implican un menor esfuerzo e impacto en su costo, por lo que resulta de vital importancia dedicarle un tiempo suficiente a su desarrollo. Chua et al. (2003) señalan que el éxito en la gestión del diseño es fundamental para la rentabilidad, la calidad y el tiempo de entrega de un proyecto.

La etapa de diseño interactúa con todas las otras etapas del ciclo de vida de un proyecto, pero es en la de construcción donde las deficiencias del diseño se comienzan a manifestar, dando esto lugar a diversas discrepancias entre estas dos etapas. En Latinoamérica se ha estimado que entre un 20 y un 25 % de la duración total de la construcción se pierden debido a las deficiencias en el diseño (Undurraga, 1996). Otro estudio sugiere que alrededor del 78% de los problemas con la calidad en la construcción están relacionados con el diseño (Koskela, 1992). En cuanto al costo, Josephson et al. (1996) identificaron que los defectos causados por el diseño generan los principales sobrecostos del proyecto.

La literatura también ha reportado las quejas que los practicantes de la construcción, principalmente el personal en el sitio de trabajo, tienen sobre los diseños que complican excesivamente las tareas de construcción (Loyola, 2008), así como la mala calidad de los planos y detalles constructivos (Gao et al., 2006). Una de las posibles causas de esto es que, tal como lo ha manifestado Nuñez (2008), los diseñadores más experimentados se concentran en el diseño conceptual y dejan gran parte de la responsabilidad de especificar y revisar el diseño en manos de personas con muy poca experiencia; por ejemplo, en la realización del diseño arquitectónico el líder del equipo generalmente se dedica a la idea conceptual del proyecto y delega la realización de los planos y detalles constructivos a arquitectos con escasa experiencia sobre el proceso constructivo.

Por otra parte, el aumento en la complejidad y tecnología de los proyectos de construcción han hecho más segmentada y más interdependiente su realización, pues han dado lugar a una mayor especialización (Song y Chua, 2002). Hoy en día, la separación de las labores de administrar, diseñar, calcular, y construir han llegado al punto de convertirse en disciplinas distintas; tal es así, que el diseño actualmente se enfoca principalmente en la estética, configuración espacial, funcionalidad, y seguridad estructural, mientras que se ha asumido que todas las responsabilidades del proceso constructivo le competen únicamente al constructor (Loyola, 2008). Esta especialización sin duda ha significado un gran avance en términos de productividad y eficiencia, aunque resultaría conveniente utilizar el conocimiento y la experiencia de los constructores desde las etapas tempranas del proyecto (Ahuja et al., 1994).

Al procurar la interacción de la planeación, el diseño y la ingeniería con la construcción, se aprovecharían oportunidades de ahorro significativos en el costo y tiempo de realización del proyecto (Tatum et al., 1986), y se tendría una comunicación eficiente con los contratistas en la medida en que los diseñadores establecieran un flujo de trabajo apegado al proceso constructivo (Gao et al., 2006).

Aunque esta falta de integración entre diseñadores y constructores no es reciente, fue hasta finales de los 1970s cuando se dedicó el término “constructabilidad” para describir la manera con la cual el diseño de una obra facilita su construcción (Loyola, 2008). La Asociación para la Investigación e Información de la Industria de la Construcción (CIRIA, por sus siglas en inglés), con sede en el Reino Unido, lo definió como “la metodología que proporciona al diseño de un edificio facilidad de construcción, estando sujeta a todos los requerimientos necesarios para llevarla a cabo.” (CIRIA, 1983). Mientras que en Estados Unidos, el Instituto de la Industria de la Construcción (CII por sus siglas en inglés) propuso una definición con un ámbito de aplicación mucho más amplio pues la define como “un sistema para conseguir una óptima integración del conocimiento y experiencia de construcción en la planeación, ingeniería y construcción del proyecto, orientado a tratar las peculiaridades de la obra y las restricciones del entorno con la finalidad de alcanzar los objetivos” (CII, 1986).

Sin embargo, a pesar de que la constructabilidad no es un concepto nuevo y de que la literatura reporta los beneficios obtenidos mediante la aplicación de sus principios en diferentes países, en el contexto de la ciudad de Mérida hay desconocimiento sobre su implementación en los proyectos de construcción. Por lo tanto, el estudio reportado en este trabajo tuvo como principal objetivo determinar el grado de aplicación de los principios de la constructabilidad en la etapa de planeación y diseño de los proyectos de edificación realizados por las firmas de diseño y diseño-construcción de la ciudad de Mérida, Yucatán. Este estudio se enfocó en dichas etapas ya que es durante su realización cuando principalmente se determina la constructabilidad de los proyectos.

## **LOS PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCTABILIDAD**

El CII ha formulado los 17 principios enlistados en la Tabla 1, que se aplican en tres fases del proyecto para procurar su constructabilidad (Russell et al. 1992). Por otro lado, mediante los trabajos de investigación realizados por el CIRIA en el Reino Unido se establecieron los siete principios de la constructabilidad mostrados en la Tabla 2 (Adams, 1989; citado por Trigunarsyah, 2004). Mientras que, adaptando los principios del CII, el Instituto de la Industria de la Construcción de Australia (CIIA por sus siglas en inglés) propuso los 12 principios enlistados en la Tabla 3 (Trigunarsyah, 2004). Al revisar estos diferentes sistemas de principios, se encontró que el formulado por el CII es el más relevante en el ámbito internacional y que, de hecho, los propuestos por otros organismos especializados en distintos países, como el CIIA y el CIRIA, así como por otros autores, son una

adaptación de este. La descripción detallada de los principios del CII puede consultarse en la Guía para la Implementación de la Constructabilidad (CII, 1993).

<b>Fase I: Planeación conceptual</b>
I-1: El programa de constructabilidad es parte integral del plan de ejecución del proyecto.
I-2: La planificación del proyecto involucra el conocimiento y la experiencia de construcción.
I-3: La participación de personal con conocimiento y experiencia de construcción se considera en el desarrollo de la estrategia de contratación.
I-4: El programa del proyecto es coherente con el proceso de construcción.
I-5: Las soluciones de diseño consideran los principales métodos de construcción.
I-6: La configuración del sitio promueve una construcción eficiente.
I-7: Identificación de los responsables de la constructabilidad desde el inicio del proyecto.
I-8: Aplicación de tecnologías de la información avanzadas durante todo el proyecto.
<b>Fase II: Diseño y procuración</b>
II-1: Los programas de diseño y procuración son coherentes con el proceso de construcción.
II-2: Los diseños permiten una construcción eficiente.
II-3: Estandarización de los elementos del diseño.
II-4: El desarrollo de las especificaciones considera la eficiencia de la construcción.
II-5: El diseño de módulos y pre-ensamblados facilitan su fabricación, transporte, e instalación.
II-6: El diseño hace accesible el sitio para el personal, material y equipo de construcción.
II-7: Los diseños facilitan la construcción en condiciones meteorológicas adversas.
II-8: La secuencia entre el diseño y la construcción facilita la entrega y puesta en marcha de la obra.
<b>Fase III: Operaciones en el sitio de construcción</b>
III-1: La constructabilidad mejora cuando se utilizan métodos innovadores de construcción.

Tabla 1: Principios de la constructabilidad propuestos por el CII  
Fuente: Jergeas y Van der Put (2001).

1. Llevar a cabo investigación y diseño.
2. Planear para las necesidades esenciales de producción en el sitio.
3. Planear la secuencia de las operaciones para una culminación temprana.
4. Planear para la sencillez de montaje y una secuencia lógica de adquisición.
5. Detalles que permitan una repetición máxima y normalización.
6. Detalles que permitan alcanzar los parámetros de tolerancia.
7. Especificar materiales resistentes y adecuados.

Tabla 2: Principios de la constructabilidad propuestos por el CIRIA  
Fuente: Crowther (2002).



1.	<b>Integración:</b> la constructabilidad debe de ser una parte integral del plan del proyecto.
2.	<b>Conocimiento constructivo:</b> el plan del proyecto debe contar con conocimiento y experiencia de construcción.
3.	<b>Equipo experto:</b> el equipo debe de ser experto y de composición apropiada para el proyecto.
4.	<b>Objetivos comunes:</b> la constructabilidad aumenta cuando el equipo consigue el entendimiento del cliente y los objetivos del proyecto.
5.	<b>Recursos disponibles:</b> la tecnología de la solución diseñada debe de ser contrastada con los recursos disponibles.
6.	<b>Factores externos:</b> pueden afectar al costo y/o programa del proyecto.
7.	<b>Programa:</b> el programa global del proyecto debe ser realista, sensible a la construcción y tener el compromiso del equipo del proyecto.
8.	<b>Métodos constructivos:</b> el diseño del proyecto debe de considerar el método constructivo a adoptar.
9.	<b>Asequible:</b> la constructabilidad será mayor si se tiene en cuenta una construcción asequible en la fase de diseño y de construcción.
10.	<b>Especificaciones:</b> se aumenta la constructabilidad cuando se considera la eficiencia constructiva durante el desarrollo de las especificaciones.
11.	<b>Innovaciones constructivas:</b> su uso aumentará la constructabilidad.
12.	<b>Retroalimentación:</b> se aumenta la constructabilidad si el equipo realiza un análisis de post-construcción.

Tabla 3: Principios de la constructabilidad propuestos por el CIIA  
Fuente: Ormazábal (2002).

## METODOLOGÍA

En base a los principios identificados anteriormente se construyó el instrumento con el que se mediría su aplicación en las empresas de diseño y de diseño-construcción. La formulación de los reactivos del instrumento tuvo como principal referencia los 17 principios propuestos por el CII (ver Tabla 1), aunque solamente se consideraron aquellos quince que aplican a las etapas de planeación y diseño por ser del foco de interés de esta investigación. Uno de los dos principios descartados fue el I-4, pues se prefirió considerar el principio 5 del CIIA (ver Tabla 3) que tiene una visión más integral sobre la necesidad de hacer el diseño del proyecto de manera coherente con la etapa de construcción. También se desestimó el principio III-1 ya que aplica específicamente a la etapa de construcción y no propiamente a la planeación o al diseño.

Además del principio 5 del CIIA, también se consideraron los principios 4 y 12 (ver Tabla 3), pues aunque son relevantes a la etapa de diseño no los incluye el sistema del CII. El principio 4 del CIIA se refiere a la necesidad de establecer objetivos comunes entre las principales partes involucradas en

el desarrollo del proyecto, mientras que el 12 se refiere a la necesidad de realizar un análisis post-construcción para retroalimentar al proceso de diseño. Considerando estos dos, fueron dieciocho los principios que se tomaron en consideración para desarrollar el instrumento de medición. En la

<b>Secc.</b>	<b>Principio</b>	<b>Ref.</b>
I	El programa de constructabilidad es parte integral del plan de ejecución del proyecto.	I-1 CII
II	La constructabilidad aumenta cuando el equipo consigue el entendimiento del cliente y los objetivos del proyecto.	4° CIIA
III	La planificación del proyecto involucra el conocimiento y la experiencia de construcción.	I-2 CII
IV	La participación de personal con conocimiento y experiencia de construcción se considera en el desarrollo de la estrategia de contratación.	I-3 CII
V	Identificación de los responsables de la constructabilidad desde el inicio del proyecto.	I-7 CII
VI	Aplicación de tecnologías de la información avanzadas durante todo el proyecto.	I-8 CII
VII	Las soluciones de diseño consideran los principales métodos de construcción.	I-5 CII
VIII	Recursos disponibles: la tecnología de la solución diseñada debe de ser contrastada con los recursos disponibles.	5° CIIA
IX	El desarrollo de las especificaciones considera la eficiencia de la construcción.	II-4 CII
X	Los diseños permiten una construcción eficiente.	II-2 CII
XI	Estandarización de los elementos del diseño.	II-3 CII
XII	El diseño de módulos y pre-ensamblados facilita su fabricación, transporte, e instalación.	II-5 CII
XIII	El diseño hace accesible el sitio para el personal, material y equipo de construcción.	II-6 CII
XIV	La configuración del sitio promueve una construcción eficiente.	I-6 CII
XV	Los diseños facilitan la construcción en condiciones meteorológicas adversas.	II-7 CII
XVI	Los programas de diseño y procuración son coherentes con el proceso de construcción.	II-1 CII
XVII	La secuencia entre el diseño y la construcción facilita la entrega y puesta en marcha de la obra.	II-8 CII
XVIII	Retroalimentación: se aumenta la constructabilidad si el equipo realiza un análisis de post-construcción.	12° CIIA

Tabla 4. Se enlistan estos dieciocho principios junto con sus referencias.  
Fuente: Elaboración basada en Jergeas y Van der Put (2001) y Ormazábal (2002)

Para cada uno de los principios enlistados en la Tabla 4, se formularon un número de reactivos para medir su aplicación, los cuales plantean prácticas de constructabilidad que, de acuerdo con la descripción provista en la Guía para la Implementación de la Constructabilidad publicada por el CII (1993), se deben llevar a cabo en la planeación y el diseño de un proyecto. Cada reactivo representa una práctica descrita en forma de afirmación que el encuestado debe evaluar de acuerdo a la frecuencia con la que se lleva a cabo en su propia organización; para esto, se proporcionó una escala con siete valores que originalmente fueron términos lingüísticos pero que, como se explica más adelante, posteriormente se cambiaron a valores porcentuales. La Figura 1 muestra una sección del instrumento en la que se aprecian los reactivos asociados a esta; cada sección se refiere a un principio en específico.

Principio		0%, 20%, 35%, 65%, 80% y 100%							
Sección I		0%	20%	35%	50%	65%	80%	100%	
1	Se establecen de manera oportuna las metas y objetivos de los proyectos que realizan.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	80%
2	Se instruye al personal de diseño para tomar en cuenta el proceso constructivo al diseñar los proyectos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50%
3	Se incorpora la experiencia del personal de construcción en el proceso de diseño.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	65%
4	Se apoya al personal de construcción en la interpretación y entendimiento del diseño de los proyectos.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	50%
<b>Promedio</b>									<b>61%</b>

Reactivo

Figura 1: Ejemplo de reactivos y escala para evaluar la frecuencia de aplicación de los principios

Aunque el instrumento fue originalmente formulado para que los diseñadores aportaran información sobre sus prácticas de constructabilidad, se advirtió que para obtener una visión más integral al respecto, era necesario recopilar también la opinión de los constructores. Por lo tanto, se formularon dos versiones del instrumento, uno para los diseñadores y otro para los constructores. Es necesario aclarar que la versión para los constructores se dirigió a determinar, desde su punto de vista, el grado con el que los diseñadores aplican los principios de constructabilidad; es decir, no se trató de evaluar las prácticas de los constructores. También cabe mencionar que para la versión de los constructores se formuló adaptando algunos reactivos de la versión de los diseñadores y eliminando otros varios que solamente concernían a los diseñadores. Los interesados pueden consultar el instrumento completo en Abreu (2011) o contactar a los autores.

Una vez formulado el instrumento, se realizó la validación de su contenido con el apoyo de tres académicos con vasto conocimiento y experiencia en las prácticas que se utilizan en la construcción, además de estar ampliamente familiarizados con el tema de la constructabilidad. A la luz de los documentos presentados, ellos llevaron a cabo una revisión del instrumento y aportaron sus opiniones sobre la idoneidad del mismo, a partir de las cuales se realizaron las correcciones pertinentes. Cabe aclarar que no se recurrió a practicantes de la industria de la construcción, ya que en el contexto local no se esperaba encontrar personal con experiencia en el tema de la constructabilidad.



Posterior a la validación del instrumento, se realizó una prueba piloto aplicándolo a tres diseñadores de diferentes organizaciones; en base a lo señalado en estas tres entrevistas preliminares y a observaciones durante la aplicación se corrigió y mejoró el instrumento. La corrección más relevante fue el remplazo de los siete términos lingüísticos (*nunca, casi nunca, rara vez, algunas veces, frecuentemente, casi siempre, siempre*) originalmente propuestos para evaluar las frecuencias de aplicación de las prácticas de constructabilidad, por los valores porcentuales puntuales (0%, 20%, 35%, 50%, 65%, 80%, 100%) que se muestran en la Figura 1. Este cambio se debió a que los términos lingüísticos causaban confusión a los encuestados. Con este cambio, cada valor representa el porcentaje del total de proyectos que la organización del entrevistado realizó en el último año en los que se aplicó una dada práctica.

Además, una vez que se terminó de aplicar el instrumento a los diseñadores y constructores seleccionados, se evaluó la confiabilidad del instrumento analizando su consistencia interna por medio del cálculo del alfa de Cronbach, que permite comprobar la magnitud con que los ítems de un instrumento están correlacionados. De acuerdo al procedimiento consultado en Develles (1991), teóricamente el alfa de Cronbach varía de cero a uno ya que es el cociente de dos varianzas; sin embargo, empíricamente puede tomar cualquier valor menor o igual a uno. Los valores de alfa más cercanos a uno son deseables, aunque autores como Nunnally (1978) sugieren como regla general una fiabilidad de 0.70 o superior (obtenida de una muestra relativamente grande). En este caso, después de procesar los datos proporcionados por los entrevistados, se obtuvo un alfa de 0.95 con las respuestas de los diseñadores y 0.91 con los constructores, lo cual demuestra que ambas versiones del instrumento tienen una elevada confiabilidad.

## RESULTADOS

El instrumento se aplicó en una muestra seleccionada aleatoriamente entre un total de 118 firmas que se dedican al diseño y diseño-construcción de proyectos de edificación en la ciudad de Mérida. Estas firmas fueron identificadas en diversas fuentes tales como el Directorio Especializado Arquitectura y Construcción (2008) y), la Sección Amarilla del directorio telefónico 2010 de la ciudad de Mérida, así como el internet. Mediante una hoja de cálculo desarrollada por la empresa Append (2006) se calculó el tamaño de la muestra considerando un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 80%, lo cual arrojó que la muestra debía incluir a treinta de las 118 firmas identificadas. Por otro lado, la información proporcionada por los diseñadores entrevistados permitió identificar a los constructores con los cuales han colaborado en la realización de proyectos de edificación, lográndose la aplicación de instrumento en diez empresas contratistas de la localidad con cuyas opiniones se contrastaron los resultados obtenidos por los diseñadores. La aplicación del instrumento se realizó de manera personal a 22 de los participantes, de manera impersonal (sin la presencia del investigador) a 11, y vía correo electrónico a 7 de ellos. Los siguientes son algunos antecedentes de las empresas participantes:

- La experiencia promedio de las firmas de diseño participantes fue 14 años, oscilando desde los 3 hasta los 35 años y la de las empresas contratistas fue 16 años, oscilando desde los 2 hasta los 30 años.
- El número promedio de empleados en las firmas de diseño fue de 11, aunque los que están asignados al área de diseño en esas firmas fue de 6 en promedio.
- El número promedio de empleados en las empresas contratistas fue de 17, aunque los que se dedican al área de construcción fue de 12 en promedio.
- De los proyectos que realizan las firmas de diseño, el 25% en promedio fue de carácter público y el 75% de carácter privado.
- Con respecto a los proyectos realizados por las contratistas participantes el 3% en promedio fue de carácter público y el 97% de carácter privado (ver Figura 4.3).
- En cuanto al tipo de proyectos que realizan las firmas de diseño, se encontró que en promedio el 93% de ellas realizan proyectos de tipo habitacional, el 67% educacional, el 80% comercial, el 40% social, el 63% recreacional, el 30% industrial ligero y el 20% de otro tipo.
- En las empresas constructoras, se encontró que en promedio el 80% de ellas realizan proyectos de tipo habitacional, el 20% educacional, el 50% comercial, el 30% social, el 10% recreacional, el 20% industrial ligero, y el 20% de otro tipo.

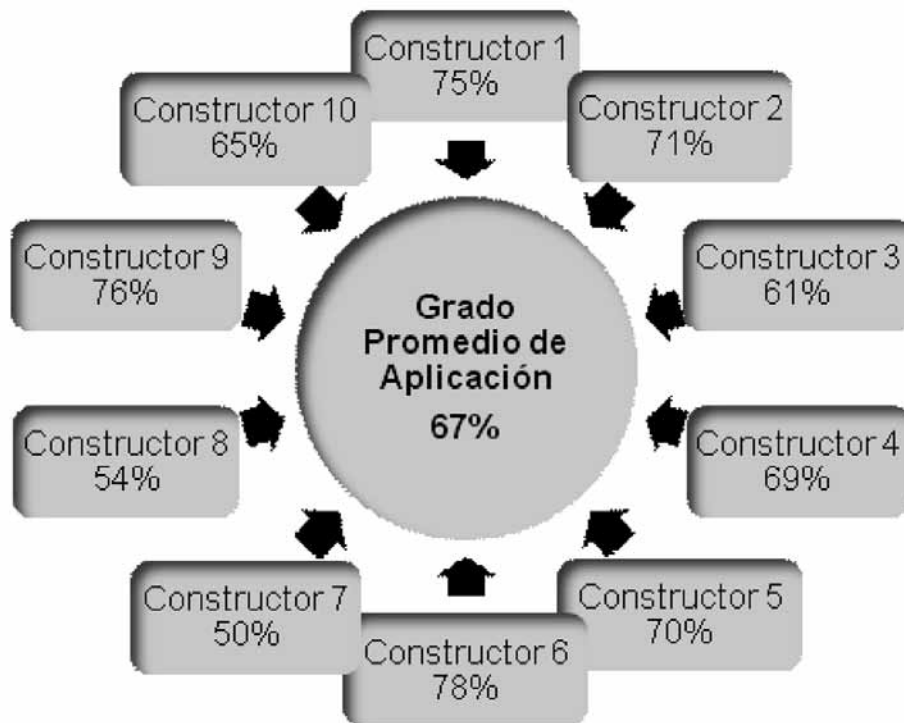
Igualmente, los siguientes son los antecedentes de los empleados que respondieron el instrumento como delegados de las organizaciones anteriores:

- De los 30 diseñadores que respondieron el instrumento: 17 fueron directores generales, 7 directores de proyecto, 2 jefes de taller y 4 proyectistas; mientras que de los 10 constructores que respondieron: 3 fueron directores generales, 4 directores de construcción, 2 residentes de obra, y 1 supervisor de obra.
- El tiempo que los diseñadores tienen laborando en sus respectivas organizaciones fue 12 años en promedio, mientras que el de los constructores fue 9 años.
- El tiempo de experiencia profesional que tenían los diseñadores fue de 15 años, fluctuando entre los 3 y 35 años; mientras que el de los constructores fue 13 años, fluctuando entre 3 y 30 años.

El análisis de los datos se realizó en base a los valores porcentuales (0%, 20%, 35%, 50%, 65%, 80%, 100%) que los encuestados señalaron para indicar la frecuencia con la que aplican en sus proyectos cada una de las prácticas descritas en el cuestionario en forma de afirmación. Primero se obtuvo para cada organización participante el grado de aplicación de cada uno de los 18 principios que abarcó el instrumento (ver Tabla 4), promediando los valores porcentuales indicados por el encuestado para cada una de las prácticas de sustentabilidad que describen los reactivos asociados a un principio dado. Cabe recordar que cada uno de los reactivos del cuestionario describe una práctica relacionada con un principio y que cada sección del cuestionario engloba las prácticas relacionadas con un principio. Por ejemplo, la Figura 1 muestra el cálculo del grado de aplicación

del principio correspondiente a la Sección I del instrumento (Principio I de la Tabla 4), de acuerdo a las respuestas dadas por uno de los encuestados.

Posteriormente, para cada principio se promediaron los respectivos grados de aplicación que se obtuvieron en las 30 firmas de diseño; el resultado de esto fue el grado promedio de aplicación de cada principio. De la misma manera, se obtuvo un grado promedio de aplicación por principio con los resultados de las 10 organizaciones de construcción. Por ejemplo, la Figura 2 ilustra el cálculo del grado promedio de aplicación del principio X, de acuerdo a los respectivos grados de aplicación obtenidos con las respuestas de las 10 organizaciones de construcción participantes. La Figura 3 muestra los grados promedio de aplicación obtenidos para cada principio, de acuerdo a las respuestas obtenidas en las firmas de diseño y en las organizaciones contratistas.



**Figura 2: Obtención del grado promedio de aplicación del principio X en base a las respuestas de las organizaciones de construcción**

Finalmente, se obtuvo el grado de aplicación global de la constructabilidad promediando los grados promedio de aplicación de los 18 principios. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra el cálculo del grado de aplicación global de la constructabilidad de acuerdo a las respuestas de las organizaciones contratistas. El grado de aplicación global de constructabilidad que se obtuvo con las firmas de diseño participantes fue 67%, el cual es muy similar al 66% obtenido a partir de la opinión que tienen los constructores sobre la aplicación de los principios por parte de los diseñadores. Sin embargo, entre los diseñadores y los constructores se muestran las siguientes concordancias y discrepancias:

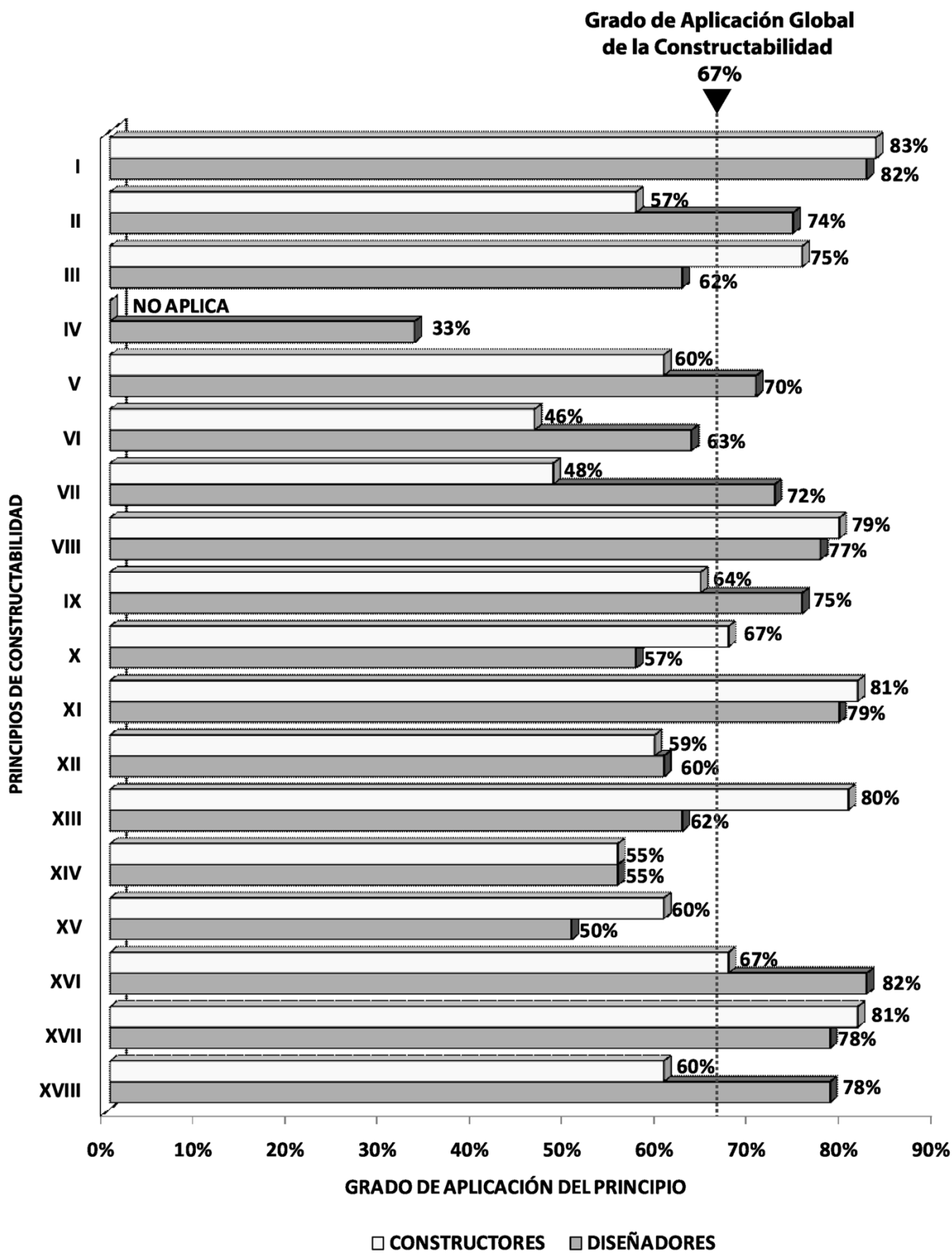
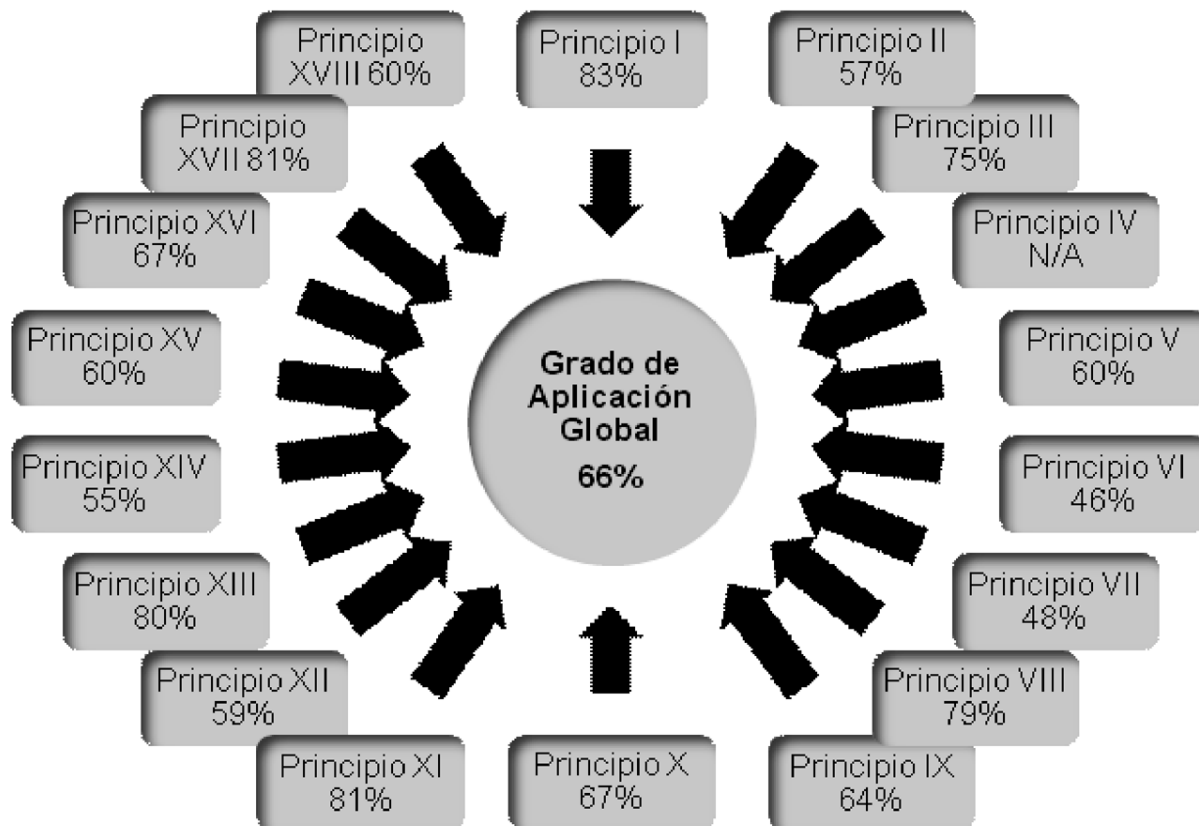


Figura 3: Grado promedio de aplicación de los principios de constructabilidad



**Figura 4: Obtención del grado de aplicación global de la constructabilidad en base a las respuestas de las organizaciones de construcción**

- Los principios cuyos grados promedio de aplicación obtenidos con ambos grupos estuvieron por encima del grado de aplicación global de constructabilidad fueron el I, XI, XVII y VIII (ver Figura 3), los cuales respectivamente se refieren a: el programa de constructabilidad, la estandarización, la programación del diseño con la construcción, y el contraste del diseño con los recursos disponibles.
- Los principios cuya aplicación estuvo por debajo del grado de aplicación global de constructabilidad fueron el IV, VI, XV, XIV, X y XII (ver Figura 3), los cuales respectivamente se refieren a: la estrategia de contratación, las tecnologías de la información avanzadas, las condiciones meteorológicas adversas, la utilización eficiente del sitio, la simplificación del diseño, y el uso de prefabricados.
- Los principios cuyos resultados mostraron discrepancias entre los grados promedio de aplicación obtenidos con los diseñadores y los obtenidos con los constructores (uno por debajo y el otro por encima del grado global de constructabilidad) fueron el II, III, V, VII, IX, XIII, XVI y XVIII (ver Figura 3), los cuales respectivamente se refieren a: los principales métodos de construcción, la accesibilidad al sitio de construcción, el análisis de post-construcción, el entendimiento del cliente y los objetivos del proyecto, la elaboración del diseño y el programa de procuración teniendo en



cuenta el proceso constructivo, la aplicación de los conocimientos y experiencia de construcción, la formulación de especificaciones en base a la experiencia y conocimientos de construcción, y la identificación temprana de los participantes. Estas discrepancias dan cuenta de las prácticas de constructabilidad que los diseñadores dicen aplicar pero que no son percibidas por los constructores.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos proporcionan una idea sobre las áreas en las que se tiene un avance con respecto a la constructabilidad y sobre las que requieren más esfuerzos. A pesar de que los practicantes de la construcción en el contexto local desconocen el término constructabilidad, los resultados de esta investigación arrojaron un grado de aplicación de los principios de constructabilidad de 67%; aunque es importante notar que éstos son aplicados de manera intuitiva y con limitaciones. Esto es contrario a lo que se reporta en otros contextos, tales como en los Estados Unidos, el Reino Unido y Australia, en donde la constructabilidad se conoce y se aplica de manera más formal desde hace varias décadas.

Sin embargo, es necesario considerar que en el contexto local existen además limitantes importantes para poder implantar de manera formal la constructabilidad; tal es el caso de la falta de una cultura de planeación y diseño en la realización de los proyectos de construcción. Al respecto, también se debe considerar que los proyectos de edificación locales generalmente se llevan a cabo con un alto grado de informalidad, siendo frecuente incluso la falta de un contrato que formalice la relación entre los participantes del proyecto y que aclare los derechos y responsabilidades de cada uno de ellos, así como la entrega de proyectos ejecutivos incompletos que no permiten llevar a cabo una construcción eficiente.

Aquí es importante puntualizar que aunque el diseñador promueva la constructabilidad su aportación sería insuficiente si no cuenta con el apoyo del cliente en la provisión de las condiciones y los recursos necesarios para hacer realidad los principios de constructabilidad. De acuerdo a lo señalado por los entrevistados, un problema que es recurrente en el contexto local es que los clientes generalmente no perciben los beneficios de contar con un equipo multidisciplinario para la realización de la planeación y el diseño, además de que son reacios a invertir recursos suficientes en estas etapas, las cuales son críticas para asegurar la constructabilidad del proyecto. En relación a esto, una de las situaciones comunes en este contexto es lo limitado del tiempo que permite el cliente para la realización del diseño.

**REFERENCIAS**

- Abreu García, F. E. (2011). La Constructabilidad en Firmas de Diseño de la Ciudad de Mérida, Yucatán, Tesis inédita de Maestría, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.
- Ahuja H. N., Dozzi S. P., AbouRizk S. M. (1994). Project management: techniques in planning and controlling construction projects, 2ª edición, John Wiley and Sons, New York.
- Chua D. K. H., Tyagi A., Ling S., Bok S.H. (2003). "Process-Parameter-Interface Model for Lean Design Management", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(6), 653-663.
- CII (1993). Constructability Implementation Guide, Austin, Texas: Construction Industry Institute.
- CIIA (1996). Constructability Manual, Brisbane, Australia: Construction Industry Institute Australia.
- CIRIA (1983). Buildability: An Assessment, CIRIA Publications, Special publication 26. (Construction Industry Research and Information Association).
- Crowther P. (2002). "Design for buildability and the deconstruction consequences: Deconstruction", Annual Meeting. Karlsruhe, Alemania: CIB Task Group 39.
- Fayek A. R., Sun Z. (2001). "A fuzzy expert system for design performance prediction and evaluation", Canadian Journal of Civil Engineering, CSCE, 28(1), 1-25.
- Freire J. y Alarcón L. F. (2002). "Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 128(3), 248-256.
- Gao Z., Walters R. C., Jaselskis E. J., Wipf T. J. (2006). "Approaches to Improving the Quality of Construction Drawings from Owner's Perspective", Journal of Construction Engineering & Management, ASCE, 132(11), 1187-1192.  
[https://www.u-cursos.cl/fau/2008/2/AO901/9/material\\_docente/objeto/2850](https://www.u-cursos.cl/fau/2008/2/AO901/9/material_docente/objeto/2850),
- Jergeas G., Van der Put J. (2001). "Benefits of constructability on construction projects", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 127(4), 281-290.
- Josephson P.E. y Hammarlund Y. (1996) Kvalitetsfelkostnader på 90-talet - en studie avsjubbyggprojekt, Del I Resultat (Quality defect costs in the 90s: a study of seven construction projects. en Swedish). Reporte No. 49. Deptt. of Building Economics and Const. Mgmt., Chalmers University of Technology.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production philosophy to Construction, Stanford University. Technical Report No. 72, pp. 35.
- Loyola, V. M. (2008). La constructividad como un atributo del diseño arquitectónico, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Recuperado el 18 de Febrero de 2010 en: Nunnally, J. C. (1978). Psychometric theory, Segunda edición, Nueva York: McGraw-Hill.
- Nuñez D. R. (2008). El rompecabezas de la ingeniería: por que y como se transforma el mundo, 1ª edición, Fondo de Cultura Económica, Mexico, D.F.
- Ormazábal, S. G. (2002). El IDS: Un nuevo sistema integrado de toma de decisiones para la gestión de proyectos constructivos, Universidad Politecnica de Catalunia, Apéndice K, 1-7.

- Rusell J. S., Radtke M., Gugel J. (1992). Project-level model and approaches to implement constructability, The Construction Industry Institute, Austin, Tex.
- Song Y. y Chua D. K. (2002). “POST: product oriented scheduling technique for constructability analysis”, en Proceedings of International Workshop on Information Technology in Civil Engineering, Computing in Civil Engineering, ASCE.
- Tatum C. B., Vanegas J. A., Williams J.M. (1986). Constructability improvement during conceptual planning, The Construction Industry Institute, Austin, Tex.
- Trigunarsyah B. (2004). “Constructability practices among construction contractors in Indonesia”, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 130(5), 656-669.
- Undurraga M. (1996). “Construction Productivity and Housing Financing”, Seminar and workshop interamerican housing union, Ciudad de México, D.F., México, 28-29 Octubre.

### ACERCA DE LOS AUTORES

El Dr. Gilberto Corona estudió la licenciatura en Ingeniería Civil en el Instituto Tecnológico de Mérida y se graduó como Maestro en Ingeniería Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán. En 2007 obtuvo el grado de Doctor en Ingeniería y Administración de la Construcción en la Universidad de Alberta, Canadá. Actualmente es Profesor Investigador de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.

El Arq. Fernando Abreu estudió la licenciatura en Arquitectura en la Universidad Autónoma de Yucatán y en octubre de 2011 obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería (Opción Construcción) en la Facultad de Ingeniería de la misma institución.

El Dr. Carlos Arcudia se graduó como Ingeniero Químico Industrial en la Universidad Autónoma de Yucatán y posteriormente realizó la Maestría en Educación en la misma institución. Obtuvo el Grado de Doctorado en Ingeniería Industrial en el Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, CUJAE, en la Habana, Cuba. Actualmente es Profesor de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.