

**Compilación de artículos
de investigación de la Red
Académica Internacional
Diseño y Construcción.**

**Administración y Tecnología
para Arquitectura, Diseño e
Ingeniería.**

**“LA INTEGRACIÓN DE LOS
PROCESOS DE DISEÑO
Y CONSTRUCCIÓN EN LA
REALIZACIÓN DE PROYECTOS
HABITACIONALES DE LA
CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN”**

**Dr. Gilberto A. Corona Suárez
Ing. Pedro Gabriel Salazar Sambrano**

“LA INTEGRACIÓN DE LOS PROCESOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN EN LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS HABITACIONALES DE LA CIUDAD DE MÉRIDA, YUCATÁN”

Dr. Gilberto A. Corona Suárez (expositor)1
Ing. Pedro Gabriel Salazar Sambrano

Universidad Autónoma de Yucatán
Mérida, México
Facultad de Ingeniería
lcsuarez@uady.mx

RESUMEN

Este trabajo presenta parte de los resultados obtenidos en un estudio llevado a cabo para determinar el grado de integración organizacional y tecnológica que se constata en la realización de proyectos habitacionales de la ciudad de Mérida, Yucatán. La integración organizacional se evaluó en términos de la colaboración que existe en dos dimensiones: la colaboración entre las funciones involucradas en la realización del proyecto (por ejemplo: planear, diseñar, estimar, construir, etc.), y la colaboración entre las disciplinas (por ejemplo: entre la arquitectura, ingeniería estructural, ingeniería eléctrica, estimación de costos, etc.). Se formuló un modelo de colaboración organizacional ideal para el desarrollo integrado de las etapas de diseño y de construcción, con respecto al cual se cotejó la colaboración en un grupo de organizaciones con el fin de determinar sus respectivos grados de integración organizacional. La integración tecnológica se evaluó en términos de la capacidad que tienen las tecnologías de la información para facilitar la integración de los procesos de diseño y construcción realizados en un proyecto. Esta capacidad se evaluó con respecto a cuatro dimensiones: formato de almacenamiento de la información, medio de transferencia de datos, dimensiones de modelos gráficos, y actualización oportuna de la información. Con la participación de veintiún organizaciones se obtuvieron resultados que evidenciaron que los proyectos habitacionales en Mérida son realizados con una baja integración organizacional (la media de los índices de integración interdisciplinaria fue 28.0% en la etapa de diseño y 25.7% en la de construcción; mientras que para los índices de integración interfuncional fue 38.2% en la etapa de diseño y 35.1% en la de construcción). Respecto a las tecnologías de la información empleadas en estas organizaciones, se concluyó que tienen una capacidad media para integrar los procesos de diseño y construcción.

Palabras clave: Integración Organizacional, Integración Tecnológica, Diseño, Construcción, Desarrollos Habitacionales.

INTRODUCCIÓN

En la antigüedad la construcción generalmente era llevada a cabo por una sola persona que se hacía cargo tanto de la arquitectura y la ingeniería, como de la administración de la procuración y construcción de los proyectos. Sin embargo, con el transcurrir del tiempo se fue dando la especialización en los procesos de diseño y construcción de los proyectos. En el caso del diseño, la fragmentación que se ha dado paulatinamente entre la arquitectura y la ingeniería, se debió al incremento de la complejidad de los proyectos, lo que provocó que por un lado se fomentaran el arte, la creatividad y la estética, y por el otro se solucionaran los problemas de diseño mediante métodos científicos (Killory et al., 2008). Por otro lado, los continuos cambios en el ambiente y las prácticas del negocio de la construcción, el uso de tecnologías y productos más complejos, así como el incremento en la sofisticación de las demandas de los clientes, han motivado que esta industria explore estrategias y filosofías alternativas para desarrollar y procurar los proyectos, tales como la especialización en la realización de los procesos de diseño y construcción; sin embargo, esto no se ha dado sin consecuencias ya que esta especialización también ha incrementado la fragmentación, y la desintegración, de estos procesos (Dulaimi et al., 2010).

A su vez, las afectaciones de la fragmentación sobre el desempeño de los proyectos han sido puntualizadas en diversos reportes, tales como The Egan Report (1998) del Reino Unido, The Building for Growth Report (1999) de Australia, el Construction 21 Report (1999) de Singapur, y el Construct for Excellence Report (2001) de Hong Kong, se han referido a cómo la fragmentación en la construcción ha inhibido la mejora en el desempeño de esta industria. Por ejemplo, en el Construction 21 Report (1999) se señaló que la fragmentación de la industria de la construcción genera la desintegración de sus procesos, la cual a su vez es vista como una de las principales causas de baja productividad. También Fergusson (1993) encontró que existe una fuerte correlación entre la calidad de las obras de construcción y la integración de los procesos, mientras que O'connor (2004) determinó que la integración de los sistemas de información utilizados en la construcción puede mejorar la productividad laboral.

Aunque la literatura se refiere constantemente a la necesidad de integración en el desarrollo de los proyectos de construcción, ésta no es contundente en cuanto al significado de dicha integración. Por ejemplo, Fergusson y Teicholz (1996) definieron la integración como el flujo de conocimiento e información en tres dimensiones: la primera dimensión se refiere a un intercambio de información entre los participantes de las distintas fases del proyecto, en la segunda dimensión se distingue el flujo de información entre las distintas disciplinas o especialidades en cada fase (tales como la arquitectura, ingeniería estructural, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, estimación de costos, entre otras), mientras que la tercera dimensión se enfoca en las medidas organizacionales y tecnológicas que adopta una organización para lograr una práctica cada vez más integrada conforme madura a través del tiempo.

Por otro lado, Elvin (2007) ha puntualizado que la integración requiere de la colaboración entre las diferentes disciplinas que intervienen en las fases de diseño y construcción, pero también se refiere a que dicha colaboración generalmente se ve afectada por las estrategias tradicionalmente utilizadas en el desarrollo de los proyectos. Al respecto, Bambang (2004) también encontró que en la industria de construcción de Indonesia se emplean comúnmente sistemas contractuales que influyen en las opciones de integración del personal de construcción en las etapas tempranas de los proyectos y concluyó su investigación haciendo hincapié en que éste es un factor que puede mejorar grandemente el desempeño de un proyecto. Succar (2009) ha observado que la academia y la industria han mostrado un creciente interés en la “re-integración” de los procesos de la industria de la construcción, enfatizando la necesidad de procurar los proyectos mediante estrategias que promuevan una mejor interacción entre los participantes, tales como la asignación del diseño y la construcción a un mismo contratista, la implementación de la Procuración Integrada de Proyecto (IPD por sus siglas en inglés), o un esquema de asociación (Partnering) entre las diferentes organizaciones involucradas en la realización del proyecto.

Sin embargo, además de las estrategias de integración organizacional citadas anteriormente, también las tecnologías de la información (TI) se mencionan actualmente como un medio para facilitar la integración de los procesos en la industria de la construcción, ya que facilitan el intercambio electrónico de información entre los participantes. Diversos autores han investigado sobre los beneficios de aplicar las TI en la construcción, especialmente para la integración de sus procesos. O’connor (2004), con su estudio para determinar en qué medida la automatización y la integración contribuyen en el éxito de los proyectos de construcción, concluyó que las TI tienen un impacto positivo en la productividad de la construcción y que, aunque tanto la automatización como la integración de los sistemas de información influyen en la mejora en el rendimiento de la productividad laboral, es la integración la que tiene una relación más significativa con este parámetro de desempeño. En este caso, O’Connor (2004) definió la integración como el intercambio de información entre los participantes del proyecto o la fusión de información procedente de sistemas distintos.

Por otro lado, Succar (2009) también ha observado que la literatura reiteradamente se refiere a la implementación de la tecnología de modelado de la información para la edificación (BIM por sus siglas en inglés), ya que ésta provee una plataforma de colaboración entre los participantes involucrados en las distintas etapas del ciclo de vida de un proyecto y representa por lo tanto un catalizador para integrar los procesos de los proyectos de construcción.

Aunque es evidente la vasta literatura dedicada a la integración de procesos en los proyectos de construcción, en el contexto local no se tenía un conocimiento más preciso sobre el grado de integración con el que se realizan los procesos involucrados en el desarrollo de proyectos de construcción. Debido a esto, se creyó pertinente estudiar el contexto organizacional y tecnológico que implica tal integración. Como una primera aproximación al tema en la construcción local, se

decidió acotar el ámbito del estudio a las organizaciones dedicadas al desarrollo de proyectos habitacionales. En el contexto local es común que una misma organización lleve a cabo varias de las etapas implícitas en este tipo de proyectos, es decir, que se encarguen de realizar desde la etapa de concepción del proyecto hasta su entrega al cliente, y se pensó que se podría observar una cierta integración de los procesos.

METODOLOGÍA

El propósito de esta investigación fue determinar el grado con el que las estructuras organizacionales y las tecnologías de la información empleadas en el desarrollo de proyectos habitacionales de la ciudad de Mérida, facilitan la realización integrada de las actividades llevadas a cabo como parte de estos proyectos. Para los propósitos de este proyecto de investigación la integración se consideró como la colaboración entre los participantes de un proyecto, de acuerdo a dos dimensiones: la colaboración entre los participantes que realizan una misma etapa del proyecto (interdisciplinaria) y la colaboración entre los participantes de las diferentes etapas de un proyecto (interfuncional).

Sobre el contexto estudiado, es necesario entender que las organizaciones dedicadas a la construcción generalmente implementan una sub-organización para llevar a cabo cada uno de sus proyectos. Debido a esto, se consideraron como unidades de análisis a las sub-organizaciones que estuvieran activas en el desarrollo de un proyecto habitacional durante el periodo de tiempo en el que se llevó a cabo este estudio. También es necesario aclarar que la recolección de datos se llevó a cabo sin la manipulación de ninguna de las variables involucradas en el contexto.

A continuación se explican los procedimientos que se llevaron a cabo como parte de la metodología.

1. Evaluación de la integración organizacional

Para poder evaluar el grado con el que una estructura organizacional facilita la integración de los procesos en el desarrollo de un proyecto, se desarrolló un instrumento de evaluación que se apoya en un modelo organizacional en el que los participantes trabajan colaborativamente. La formulación del modelo organizacional se basó en el esquema organizacional de Procuración Integrada de Proyecto (IPD por sus siglas en inglés), de acuerdo a como lo plantea la Guía para la Implementación del IPD del Instituto Americano de Arquitectos (AIA, por sus siglas en inglés, 2007). En esta guía se define la estructura organizacional que se requiere para la implementación del esquema IPD, la cual requiere una intensiva colaboración entre las partes involucradas en el desarrollo de un proyecto.

El modelo organizacional formulado consiste en una matriz que describe cómo deben colaborar idealmente los participantes involucrados en la gestión de un proyecto. Para integrar dicha matriz se identificaron las actividades de gestión que se llevan a cabo durante las diferentes etapas de un proyecto de construcción, especialmente las de diseño y construcción, así como los participantes

a cargo de éstas. En este caso, se tomaron las etapas, actividades y participantes que considera el plan de trabajo propuesto por el Instituto Real de Arquitectos Británicos (RIBA por sus siglas en inglés), tal y como se encuentran enlistadas en el trabajo de Huges y Murdoch (2001). Se seleccionó el plan de trabajo RIBA por ser uno de los más detallados (Huges, 2001), en comparación con otros; sin embargo, fue necesario adecuarlo para que correspondiera a las etapas, actividades y participantes que generalmente involucra la realización de proyectos habitacionales de la ciudad de Mérida. Esta adecuación requirió la realización de un estudio preliminar con la participación de académicos expertos en el tema. Fueron cinco etapas las que se consideraron para la fase de diseño (Evaluación de alternativas para el proyecto, Esquemmatización de propuestas, Desarrollo de las propuestas de diseño, Finalización de propuestas, e Información para la producción) y tres para la fase de construcción (Preparación para el inicio de los trabajos, Construcción, y Post-construcción).

Una vez habiendo adecuado las etapas, actividades y participantes, se identificaron las colaboraciones que deben tener de los participantes en la realización de las actividades, de acuerdo a lo que establece el método de Procuración Integrada de Proyecto propuesto por el AIA (2007). Para los propósitos de esta investigación estas colaboraciones simplemente identifican qué participantes colaboran en la realización de una actividad, mas no describen qué rol tienen éstos en la realización de la actividad.

La Figura 1 muestra una sección del modelo formulado, e incluye las disciplinas y funciones tomadas en cuenta.

La integración organizacional se evaluó mediante la comparación de las colaboraciones que describe el modelo explicado anteriormente y las que, de acuerdo al personal entrevistado, se dieron en una organización formada para realizar un proyecto recientemente terminado o que se estuviese realizando en el espacio de tiempo en el que se llevó a cabo este estudio. Mediante esta evaluación se obtuvo un índice de integración organizacional de acuerdo a dos diferentes dimensiones: la integración interdisciplinaria y la integración interfuncional.

La integración interdisciplinaria se cuantificó mediante el índice de integración interdisciplinaria, el cual representa el grado de colaboración entre los disciplinas involucradas en la realización de una actividad; por ejemplo: el diseño arquitectónico, la ingeniería estructural, la ingeniería eléctrica, la ingeniería mecánica, la estimación de costos, la construcción de trabajos especializados, etc. Las disciplinas establecidas por medio de la opinión de los académicos consultados para esta investigación son las que se muestran en la Figura 1. El índice de integración interdisciplinaria se obtuvo, para cada una de las actividades enlistadas en la matriz, relacionando el número de disciplinas que de acuerdo con el entrevistado colaboran en la realización de una actividad y el número de disciplinas que el modelo sugiere para la actividad. Por ejemplo, si el entrevistado señaló la participación de cinco diferentes disciplinas en la actividad de “Realizar estudios de costos de manera conceptual”, mientras que, como se muestra en la Figura 1, el modelo sugiere la colaboración de nueve disciplinas,

el índice de integración interdisciplinaria resultaría ser 56% (5/9). Aquí cabe aclarar que para este cálculo se consideraron únicamente aquellas disciplinas que coinciden con las sugeridas en el modelo.

Funciones →	Planear		Diseñar				Estimar	Construir		Supervisar	Procurar	Tramitar	Regular				
	Disciplinas →	Gerente General (Iniciador del proyecto)	Gerente de proyecto	Diseñador (líder)	Ingeniero de instalaciones (diseñador)	Ingeniero estructurista (diseñador)	Diseñador de la urbanización	Estimador de costo/tiempo	Gerente de Construcción	Residente de obra	Subcontratistas (Urbanización, etc.)	Inspector de Obras Públicas	Proveedores (mano de obra, materiales)	Encargado de los trámites legales	Autoridades reguladoras	Agencias de servicios públicos	Agente regulador de Salud y Seguridad
Actividades de la etapa de Evaluación de Alternativas ↓																	
Establecer los requerimientos iniciales del proyecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Evaluar la factibilidad de construir el proyecto en el sitio seleccionado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓		
Realizar los estudios de costos de manera conceptual		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓					
Realizar la evaluación de soluciones de diseño	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓		
Realizar los estudios de costo - beneficio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Establecer los objetivos del proyecto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓					

Figura 1. Sección de la matriz del modelo que identifica las colaboraciones

La integración interfuncional se cuantificó mediante el índice de integración interfuncional, el cual representa el grado de colaboración entre los equipos que realizan las funciones de planear, de diseñar, de construir, de procurar, de estimar, de regular, etc. (ver Figura 1). Para esto, fue necesario identificar las funciones a las que se asocian los participantes del proyecto; por ejemplo, la Figura 1 muestra que la función de planear es realizada por el Gerente General de la Empresa y el Gerente de proyecto, mientras que la función de diseñar es realizada por el Diseñador (líder), el diseñador de la

urbanización, el Ingeniero estructurista, y el Ingeniero de instalaciones. El índice de integración interfuncional se obtuvo, también para cada una de las actividades enlistadas en la matriz, relacionando el número de funciones que de acuerdo con el entrevistado colaboran en la realización de una actividad y el número de funciones que sugiere el modelo para esa actividad. Por ejemplo, si el entrevistado señaló que en la actividad “Realizar estudios de costos de manera conceptual” participaron tres funciones, mientras que el modelo (ver Figura 1) sugiere la intervención de cinco funciones para esa misma actividad, entonces el índice de integración interfuncional resultaría ser del 60% (3/5). Aquí cabe aclarar que para este cálculo se consideraron únicamente aquellas colaboraciones que coinciden con las que se señalan en el modelo.

A continuación se explica cómo quedó conformado el instrumento para la recopilación de datos para la integración organizacional. Cabe resaltar que los entrevistados fueron requeridos a responder este instrumento en base al último proyecto concluido por la organización o que estuviere cercano a concluirse.

a. La primera sección se dedicó a recopilar información sobre la empresa y sobre las características del proyecto en cuestión. Las preguntas sobre la empresa se refirieron a la cantidad de personal que emplea, años de experiencia, tipo de proyectos que realiza, etc.; las preguntas sobre el proyecto se refirieron al número de viviendas en el proyecto, etapas que se realizaron como parte del proyecto, etc.

b. En la segunda sección se presentó la matriz en la que el entrevistado debía señalar qué disciplinas colaboraban en la realización de cada actividad enlistada. Esta matriz tiene un formato similar al mostrado en la Figura 1 pero en la primera fila debajo de la lista de disciplinas se anexó un espacio para que el entrevistado indicara para cada disciplina si se trataba de una entidad interna o externa a la empresa. En el cuerpo central de la matriz el entrevistado debía identificar con una X a las disciplinas que habían colaborado en la realización de cada actividad. Se pidió además que identificaran con la letra A al principal responsable en la realización de la actividad.

c. La tercera sección se dedicó a recopilar los datos sobre integración tecnológica que se explica a continuación.

Para calcular el índice de integración inter-disciplinaria de todo un proyecto simplemente se relacionó el número total de colaboraciones que, de acuerdo con el entrevistado, tuvieron las disciplinas a lo largo de todas las actividades del proyecto, entre el número total de colaboraciones que sugiere el modelo en cuanto a disciplinas. Mientras que para el índice de integración inter-funcional se relacionó el número total de colaboraciones que, tuvieron las diferentes funciones a lo largo de todas las actividades del proyecto, entre el número total de colaboraciones que sugiere el modelo en cuanto a funciones. En las Tablas 3 y 4 se ilustra este cálculo.

2. Evaluación de la integración tecnológica

Dos documentos fueron relevantes para la formulación del instrumento que sirvió para evaluar la capacidad de integración de las tecnologías de la información utilizadas en la realización de los proyectos. El primer documento fue el reporte sobre la investigación realizada por O'Connor y Yang (2004) en la que midieron el uso de las tecnologías que facilitan la integración en la realización de proyectos de infraestructura. Para esto ellos establecieron una escala de tres niveles considerando dos características de las tecnologías de la información que son relevantes para la integración de los procesos: el formato de almacenamiento de la información y el medio de transferencia de la información. Estas características fueron entonces adoptadas en el sistema de dimensiones que se desarrolló para los propósitos de esta investigación.

Otro documento relevante fue el Estándar Nacional para la Modelación de la Información para la Edificación de los Estados Unidos (NBIMS por sus siglas en inglés) emitido por el Instituto Nacional para las Ciencias de la Edificación (2007), de los Estados Unidos. Este documento plantea un marco de referencia para la implementación de la tecnología BIM en la administración de los proyectos de edificación y propone un modelo para evaluar la madurez de su implementación en las prácticas de una organización. El modelo denominado Modelo de Madurez de la Capacidad BIM integra once dimensiones que se deben tomar en cuenta cuando se trata de la implementación de dicha tecnología. La mayoría de estas once dimensiones se refieren exclusivamente a la tecnología BIM, mientras que este estudio se dedicó a evaluar cualquier tipo de tecnología de la información utilizada en la organización; por lo tanto, solamente tres de las once dimensiones se consideraron aplicables para los propósitos de esta investigación. Sin embargo, una de estas tres dimensiones se refería al medio de transferencia de la información, que ya había sido identificada del trabajo de O'Connor y Yang (2004); por lo tanto, fueron cuatro dimensiones en total las que se consideraron en la evaluación de las tecnologías. Estas cuatro dimensiones son las que se enlistan en la Tabla 1.

Ya que la naturaleza de cada una de estas cuatro dimensiones es distinta, se estableció una escala específica para evaluar cada una de ellas. Como se muestra en la Tabla 1, para cada una de estas dimensiones se establecieron escalas con cinco valores que describen los niveles ascendentes de la capacidad de las tecnologías utilizadas en un proyecto.

La sección para evaluar las dimensiones de integración tecnológica se incorporó al instrumento explicado anteriormente. Estas dimensiones se evaluaron para cada una de las diferentes etapas de diseño y construcción enlistadas en el instrumento, para lo cual se pidió a los entrevistados que señalaran, en cuanto a cada una de las cuatro dimensiones, el nivel que describiera mejor la tecnología implementada en la realización de la etapa. Ya que el instrumento para recopilación de datos se elaboró en una hoja de cálculo de Excel, se aprovechó la función de lista desplegable para mostrar al entrevistado los cinco niveles a elegir en la evaluación de las dimensiones.

Dimensiones	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
<i>Formato de almacenamiento o de la información</i>	No se almacena la información	Se archiva en papel solamente	Se almacena en un archivo electrónico que es exclusivo para la información referente a esta actividad	Se almacena en un archivo electrónico que integra la información con la de otras actividades Correo o mensaje electrónico o Medio electrónico aislado (CD, DVD, USB, etc)	Se almacena en un archivo electrónico que integra la información de todo el proyecto
<i>Medio de transferencia de datos e información:</i>	No se transfiere	Verbal personal o por teléfono	Fax		Red de computadoras
<i>Dimensiones de la información en modelos gráficos:</i>	No hay gráficos que apoyen la realización de la actividad	Planos en 2D, sin objetos inteligentes.	Planos en 2D, basado en objetos inteligentes, la información se puede actualizar	Gráficos 3D basado en objetos inteligentes (CAD)	Gráficos 3D basado en objetos inteligentes (BIM) incluye información de costo o tiempo del proyecto
<i>Actualización oportuna de la información:</i>	La recopilación, procesamiento y distribución de la información se realiza manualmente cuando el personal interesado lo solicite	La información se recopila manualmente, mientras que el procesamiento y la distribución se realiza mediante un medio electrónico aislado cuando el personal interesado la solicite	La información se recopila manualmente, mientras que el procesamiento y la distribución se realiza mediante una red informática centralizada a la que tienen acceso todos los interesados	La información se recopila mediante un medio electrónico aislado y se pone a disposición de los interesados de manera expedita mediante una red informática centralizada a la que tienen acceso los interesados.	La recopilación y distribución de la información se realiza mediante una red informática centralizada que permite ponerla a disposición de los interesados en tiempo real

Tabla 1. Escalas para evaluar las dimensiones de integración tecnológica

Para analizar la información obtenida sobre la capacidad integradora de las tecnologías de la información utilizadas en las organizaciones estudiadas, se construyó una escala tipo Likert. Para esto, fue necesario asignar un valor numérico a cada uno de los cinco niveles que conforman las escalas establecidas para evaluar las dimensiones descritas anteriormente. En este caso, al Nivel 1 de las escalas se asignó un valor de cero dado que este nivel implica la ausencia total de tecnologías de la información en la realización de los procesos del proyecto. Al Nivel 2 se asignó un valor de uno y así sucesivamente, de tal manera que al nivel más elevado (Nivel 5) se le asignó un valor de cuatro. De esta manera, se obtuvo la puntuación mínima y máxima para la construcción de la escala de

Likert; en este caso, dado que son cuatro las dimensiones con las que se evaluaron las tecnologías y tomando los valores asignados a los niveles que conforman las escalas empleadas, la puntuación mínima posible es cero mientras que la máxima es 16 (4+4+4+4). La puntuación mínima y máxima representan entonces el menor y el mayor nivel de capacidad integradora en la tecnología empleada respectivamente, de tal manera que la puntuación mínima (cero) representa un nulo empleo de tecnologías de la información en la realización de los procesos mientras que 16 es la puntuación máxima y representa el empleo de las tecnologías más avanzadas en cuanto a su capacidad para facilitar la realización integrada de procesos. Teniendo estos dos extremos fue posible entonces determinar si la tecnología empleada en cada una de las etapas de un proyecto se caracterizaba por tener una pobre o una alta capacidad integradora. Por ejemplo, la Tabla 2 muestra las respuestas dadas para una de las etapas evaluadas en la realización de un proyecto, con cuyos correspondientes valores al sumarse dan una puntuación total de 10 (2+4+1+3); en la escala de Likert este valor sugiere que la tecnología empleada en esta etapa corresponde a un nivel intermedio en cuanto a capacidad integradora, pues se ubica cercano al punto intermedio entre 0 y 16.

También se determinó la media de la capacidad integradora de las tecnologías de todo el proyecto sumando las puntuaciones obtenidas en las etapas y dividiendo el total entre el número de etapas, que en este caso fueron ocho. Por ejemplo, si la suma total de valores en una organización fue 63, al dividirlo entre ocho resultaría 7.8, que al ubicarlo en la escala de Likert establecida muestra que la capacidad integradora de la tecnología empleada en la organización tiene un nivel intermedio, pues está cercano al punto intermedio entre 0 y 16.

Tabla 2. Ejemplo de evaluación de las tecnologías en una empresa

Dimensiones	Nivel elegido por el entrevistado	Valor
<i>Formato de almacenamiento de la información</i>	Se almacena en un archivo electrónico (base de datos) que es exclusivo para la información referente a esta actividad	2
<i>Método o medio de transferencia de la información</i>	Red de computadoras	4
<i>Dimensiones de información en los modelos gráficos</i>	Planos en 2D, sin objetos inteligentes.	1
<i>Actualización oportuna de la información</i>	La recopilación de la información se realiza mediante un medio electrónico aislado y se pone a disposición de los interesados de manera expedita mediante una red.	3

RESULTADOS

El instrumento se aplicó en 21 empresas desarrolladoras de proyectos vivienda afiliados a la Cámara Nacional de la Industria de Desarrollo y Promoción de Vivienda, delegación Yucatán. En las Tablas 3 y 4 se muestran los índices de integración interdisciplinaria que respectivamente se obtuvieron en las etapas de diseño y de construcción de los proyectos. Aquí cabe aclarar que sólo 16 de las 21 organizaciones completaron la sección del instrumento que se refiere a las etapas de diseño, ya que en cinco de ellas nunca estuvo disponible el personal que pudiera responder a dicha sección, mientras que todas las 21 organizaciones respondieron a la sección sobre las etapas de construcción.

Por otro lado, también se determinaron los índices de integración interfuncional, los cuales expresan el grado de colaboración entre los equipos que realizan las funciones necesarias para desarrollar un proyecto. En las Tablas 5 y 6 se muestran los índices de integración interfuncional obtenidos en las etapas de diseño y de construcción respectivamente.

Tabla 3. Índices de integración interdisciplinaria en las etapas de diseño (obtenidos con respuestas de 16 organizaciones)

(A) Identificación de la Organización	(B) Número de participaciones sugeridas por el modelo	(C) Número total de participaciones señaladas por entrevistados	(D) Número de participaciones que coinciden entre C y B	(E) Índice de integración interdisciplinaria $E=(D/B)*100$
01	205	149	75	36.6%
02	205	88	62	30.2%
03	205	169	94	45.9%
07	205	108	62	30.2%
08	205	143	78	38.0%
09	205	128	87	42.4%
10	205	107	67	32.7%
11	205	69	51	24.9%
12	205	95	62	30.2%
14	205	103	44	21.5%
16	205	89	55	26.8%
17	205	85	60	29.3%
18	205	51	28	13.7%
19	205	46	27	13.2%
20	205	65	46	22.4%
21	205	47	22	10.7%
Promedio:		96.4	57.5	28.0%

Con respecto a los resultados de la integración tecnológica, la Tabla 7 resume los valores numéricos de los niveles reportados por los entrevistados en las cuatro dimensiones establecidas para las etapas de diseño, mientras que la Tabla 8 hace lo mismo pero para las etapas de construcción. En el caso de las etapas de diseño, los resultados reportados son de 16 de las 21 organizaciones participantes, ya que cinco no completaron la sección sobre la tecnología empleada en las etapas de diseño de los proyectos; esto se debió a que el personal que pudiera responder a esta sección nunca estuvo disponible. En el extremo derecho de estas tablas se reportan los niveles promedio de cada etapa, calculados con los resultados de todas las organizaciones. Posteriormente, se calculó un nivel promedio con los resultados de todas las etapas; en este caso, el resultado fue 7.2 con las etapas de diseño (ver Tabla 7) y 5.9 en las etapas de construcción (ver Tabla 9). Al analizar estos niveles promedio con la escala de Lickert establecida se determinó que en promedio las tecnologías de la información empleadas tienen una capacidad intermedia para integrar los procesos.

Tabla 4. Índices de integración interdisciplinaria en las etapas de construcción (obtenidos con respuestas de 21 organizaciones)

(A) Identificación de la Organización	(B) Número de participaciones sugeridas por el modelo	(C) Número total de participaciones señaladas por entrevistados	(D) Número de participaciones que coinciden entre C y B	(E) Índice de integración interdisciplinaria $E=(D/B)*100$
01	132	47	23	17.4%
02	132	63	34	25.7%
03	132	100	38	28.7%
04	132	47	19	14.3%
05	132	65	36	27.2%
06	132	66	26	19.7%
07	132	81	36	27.2%
08	132	104	50	37.8%
09	132	84	44	33.3%
10	132	69	35	26.5%
11	132	59	28	21.2%
12	132	54	29	21.9%
13	132	53	28	21.2%
14	132	92	45	34.0%
15	132	45	29	21.9%
16	132	65	28	21.2%
17	132	90	50	37.8%
18	132	57	23	17.4%
19	132	51	34	25.7%
20	132	53	29	21.9%
21	132	99	49	37.1%
Promedia:		68.8	34.0	25.7%

Tabla 5. Índices de integración interfuncional en las etapas de diseño (obtenidos con respuestas de 16 organizaciones)

(A) Identificación de la Organización	(B) Número de participaciones sugeridas por el modelo	(C) Número total de participaciones señaladas por entrevistados	(D) Número de participaciones que coinciden entre C y B	(E) Índice de integración interdisciplinaria $E=(D/B)*100$
01	124	104	58	46.8%
02	124	78	56	45.2%
03	124	127	71	57.3%
07	124	81	52	41.9%
08	124	91	60	48.4%
09	124	98	75	60.5%
10	124	88	57	46.0%
11	124	55	43	34.7%
12	124	70	48	38.7%
14	124	75	35	28.2%
16	124	65	47	37.9%
17	124	62	44	35.5%
18	124	50	28	22.6%
19	124	39	25	20.2%
20	124	55	37	29.8%
21	124	47	22	17.7%
Promedio:		74.1	47.4	38.2%

CONCLUSIONES

El estudio formuló un modelo que describe una estructura organizacional que promueve la integración entre las funciones y las disciplinas que se involucran en el desarrollo de los proyectos. Entre la estructura que sugiere el modelo y la que emplean las organizaciones estudiadas se concluyó que éstas muestran una menor colaboración entre las funciones y disciplinas en la realización de sus proyectos. Por ejemplo, el índice de integración interdisciplinaria promedio reportado en las etapas de diseño de los proyectos es de un 30.2% con lo que sugiere el modelo de estructura organizacional ideal, mientras que el índice de integración interdisciplinaria promedio en las etapas de construcción de los proyectos resultó en un 29.7% en comparación con lo que sugiere el modelo de estructura organizacional ideal.

Tabla 6. Índices de integración interfuncional en las etapas de construcción (obtenidos con respuestas de 21 organizaciones)

(A) Identificación de la Organización	(B) Número de participaciones sugeridas por el modelo	(C) Número total de participaciones señaladas por entrevistados	(D) Número de participaciones que coinciden entre C y B	(E) Índice de integración interdisciplinaria $E=(D/B) \times 100$
1	85	38	20	23.5%
2	85	46	30	35.2%
3	85	68	32	37.6%
4	85	43	18	21.1%
5	85	45	28	32.9%
6	85	60	25	29.4%
7	85	81	52	61.1%
8	85	71	40	47.0%
9	85	56	38	44.7%
10	85	48	30	35.2%
11	85	44	25	29.4%
12	85	42	28	32.9%
13	85	47	26	30.5%
14	85	53	33	38.8%
15	85	40	25	29.4%
16	85	46	24	28.2%
17	85	54	36	42.3%
18	85	47	23	27.0%
19	85	44	31	36.4%
20	85	39	27	31.7%
21	85	67	36	42.3%
Promedio:		51.4	29.9	35.1%

COMPILACIÓN DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN OCTUBRE 2012

Tocante a las tecnologías de la información empleadas en las empresas estudiadas, se concluyó que en promedio poseen una capacidad media para facilitar la integración de los procesos de gestión de los proyectos habitacionales, respecto a las cuatro dimensiones propuestas en esta investigación. Sin embargo, debido a que el instrumento permitió evaluar las dimensiones de manera independiente, se observó que la tecnología empleada en una empresa puede presentar capacidades distintas en cada una de ellas. De esta forma se tiene que el medio de transmisión de la información resultó ser la característica integradora de la tecnología en la que tienen regularmente mejor desempeño las tecnologías implementadas en las empresas de la ciudad. Pero por otro lado, la característica de la tecnología relacionada con el formato en que se registran los datos presentó limitaciones para integrarse con otros de los procesos de un proyecto. La capacidad que muestren las dos primeras características repercute en la capacidad de la tecnología para la actualización oportuna en los procesos.

Tabla 7. Niveles de la tecnología de la información en las etapas de diseño

Etapa	Dimensión de las TIs	Empresas																				Promedio
		01	02	03	07	08	09	10	11	12	14	16	17	18	19	20	21					
<i>Evaluación de alternativas del proyecto</i>	Formato	0	2	1	1	0	1	1	0	3	2	1	1	0	2	2	0	1.0				
	Medio	1	3	2	1	1	1	1	1	3	3	2	1	1	3	3	1	1.7				
	Gráfico	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9				
	Actualización	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.0				
	Grado Tec.	2	6	4	3	2	2	3	2	7	7	4	3	2	6	6	2	3.8				
<i>Esquemati-zación de propuestas</i>	Formato	2	2	2	2	3	3	3	1	3	3	1	2	1	2	3	3	2.2				
	Medio	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	2	3	2	3	3	3	2.8				
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0				
	Actualización	1	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.3				
	Grado Tec.	7	7	7	6	7	7	7	4	10	7	4	6	4	6	7	7	6.4				
<i>Desarrollo de propuestas de diseño</i>	Formato	2	3	3	3	3	3	2	2	4	3	3	3	2	2	3	2	2.6				
	Medio	3	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3.5				
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0				
	Actualización	1	2	2	2	0	2	1	1	3	2	2	2	1	1	2	1	1.5				
	Grado Tec.	7	10	10	10	7	10	7	7	12	10	10	10	7	7	10	7	8.8				
<i>Propuestas finalizadas</i>	Formato	2	3	3	3	3	3	2	2	4	3	3	3	3	3	3	3	2.8				
	Medio	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	3.6				
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0				
	Actualización	1	3	3	3	2	3	1	1	3	3	3	3	0	0	2	0	1.9				
	Grado Tec.	7	11	11	11	10	11	7	7	12	11	11	11	7	7	10	7	9.4				
<i>Información para la producción</i>	Formato	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	3	3	3	3.0				
	Medio	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3.3				
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0				
	Actualización	0	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0.5				
	Grado Tec.	7	7	7	7	10	7	10	7	11	7	7	7	6	7	10	7	7.8				
Promedio por empresa		6.0	8.2	7.8	7.4	7.2	7.4	6.8	5.4	10.4	8.4	7.2	7.4	5.2	6.6	8.6	6.0	7.2				

Tabla 8. Niveles de la tecnología en las etapas de construcción

Etapa	Dimensión de las TI	Empresas																					
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21
Preparación para el inicio de los trabajos	Formato	3	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1.5
	Medio	3	3	3	1	3	3	1	1	1	1	3	3	1	3	1	3	3	1	1	1	1	2.0
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0
	Actualización	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	Grado Tec	7	7	6	3	7	7	3	3	3	3	6	7	3	6	3	6	6	3	3	3	3	4.7
Construcción hasta su terminación práctica	Formato	3	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2.1	
	Medio	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3.0	
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0	
	Actualización	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	Grado Tec	7	6	7	6	10	7	6	6	6	6	6	10	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6.4
Construcción después de su terminación	Formato	2	2	2	3	3	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2.1	
	Medio	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3.0
	Gráfico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.0
	Actualización	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0.4
	Grado Tec	6	6	6	7	7	6	7	10	6	6	6	10	7	7	4	6	4	4	7	7	7	6.5
Promedio global	6.7	6.3	6.3	5.3	8.0	6.7	5.3	6.3	5.0	5.0	6.0	9.0	5.3	6.3	4.3	6.0	5.3	3.7	5.3	5.3	5.3	5.9	

Se observó también una mayor capacidad de integración en las tecnologías empleadas en las etapas de diseño que en las etapas de construcción. Las etapas del diseño de un proyecto en las que se emplean tecnologías con una mayor capacidad integradora son, la etapa de Desarrollo de propuestas de diseño y la etapa de Propuestas finalizadas, que son quizás las etapas donde se registra y procesa una mayor cantidad de información. Por otro lado, las organizaciones generalmente no consideran necesaria la implementación de tecnología para administrar la información generada en el sitio donde se lleva a cabo la construcción. Por lo tanto, la tecnología empleada en las etapas de construcción de los proyectos presentó una baja capacidad de integración en comparación con la empleada en las etapas del diseño.

REFERENCIAS

- Killory C, Davis R. (2008). Detail in process, Princeton architectural press, United States, páginas 5-7.
- Dulaimi, M. F, Ling Y, Ofori G. y De Silva. N. (2010). Enhancing integration and innovation in construction, "Building Research & Information", London (UK) Vol. 30: Num 4, páginas 237 — 247.
- Egan, Sir Jhon (1998). Constructing the team, "Rethinking construction", DETR, en Dulaimi, M. F, Ling Y, Ofori G. y De Silva. N. (2002). Enhancing integration and innovation in construction, "Building Research & Information", London (UK) Vol. 30: Num 4, páginas 237 — 247.
- Building for Growth (1999). An Analysis of the Australian Building and Construction Industries, Industry Science Resources, Commonwealth of Australia, en Dulaimi, M. F, Ling Y, Ofori G. y De Silva. N. (2002). Enhancing integration and innovation in construction, "Building Research & Information", London (UK) Vol. 30: Num 4, páginas 237 — 247.
- Construction 21 Report (1999). Construction 21: Re-Inventing Construction, Ministry of Manpower and Ministry of National Development, SNP, Singapore, en Dulaimi, M. F, Ling Y, Ofori G. y De Silva. N. (2002) Enhancing integration and innovation in construction, Building Research & Information, London (UK) Vol. 30: Num 4, páginas 237 — 247.
- Construct for Excellence (2001). Report of the Construction Industry Review Committee, SAR, Hong Kong, en Dulaimi, M. F, Ling Y, Ofori G. y De Silva, N. (2002) Enhancing integration and innovation in construction, "Building Research & Information", London (UK) Vol. 30: Num 4, páginas 237 — 247.
- Fergusson, K. J. y Teicholz, P. M. (1993). Impact of Integration on Industrial Facility Quality, Center for Integrated Facility Engineering, Technical Report No.48, Standford University, U.S.
- O'Connor, J. T. y Yang L. (2004). Project Performance versus Use of Technologies at Project and Phase Levels, "Journal Of Construction Engineering And Management", ASCE (New York), Vol.130, No.3, páginas 322-329.
- Fergusson, K. J. y Teicholz, P. M. (1996). Achieving Industrial Facility Quality: Integration is the Key, "Journal of Management in Engineering", ASCE (New York), Vol.12, No.1, páginas 49-56.
- Elvin, G. (2007). A review of current practice in constructability improvement: case studies on construction projects in Indonesia, John Wiley and Sons, United States, páginas 7-9.
- Bambang, T. (2004). Project Performance versus Use of Technologies at Project and Phase Levels, "Construction Management and Economics", UK, Vol.22, No.6, páginas 567-580.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, "Automation in Construction", United States, Vol.18, No.3, páginas 357-375.
- American Institute of Architects (AIA, 2007). Integrated Project Delivery ; A Working

Definition. AIA California Council. Sacramento, California.

- Hughes, W. y Murdoch, J.R., (2001). Roles in Construction Projects: Analysis and Terminology, Construction Industry Publications, Birmingham, pp176.
- Hughes, W. (2001). Evaluating Plans of Work, Engineering Construction and Architectural Management, 8, 4, pp272-283.

ACERCA DE LOS AUTORES

El Dr. Gilberto Corona se graduó como Maestro en Ingeniería – Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán. Posteriormente, obtuvo el grado de Doctorado 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 Ing. Pedro Salazar obtuvo el grado de Maestro en Ingeniería – opción Construcción en la Universidad Autónoma de Yucatán en octubre de 2012.