

An investigation of building information modelling functions in the Palestinian construction industry

Investigación de las funciones del modelado de la información de construcción en la industria de la construcción en Palestina

A. Enshassi ^{1*}, L. AbuHamra *

* Islamic University of Gaza (IUG), Gaza. PALESTINA

Fecha de Recepción: 09/02/2016

Fecha de Aceptación: 10/05/2016

PAG 127-138

Abstract

The objective of this paper is to investigate the importance of Building Information Modelling (BIM) functions in the construction industry from professionals' views in the Gaza Strip-Palestine. A questionnaire survey was employed in this study and 270 professionals in the construction industry have responded to the questionnaire; data were analyzed using exploratory factor analysis. The study findings indicated that BIM functions are significantly needed and important for professionals in the construction industry in Gaza Strip. Findings of this study revealed three components of BIM functions: data management and utilization in planning, operation and maintenance, visualized design and analysis, and construction and operation. Energy optimization was found as the highest important function of BIM of the first component as there is a high demand for sustainable building and sustainable development. A functional simulation in order to choose the best solution for lighting and energy was the highest important function of the second component. This function will assist in identifying methods to reduce resources consumption and increase on-site renewable opportunities. Model-based cost estimation was found the highest important function in the third component. Professionals in the construction industry will benefit from the findings presented in this paper by understanding the BIM functions which will encourage them to apply BIM tools that will lead to a substantial improvement in the performance of construction projects.

Keywords: BIM, functions, professional, construction

Resumen

El objetivo de este artículo es investigar la importancia de las funciones del Modelado de la Información de la Construcción (BIM, por sus siglas en inglés) en la industria de la construcción desde el punto de vista de los profesionales, en la Franja de Gaza, Palestina. Se utilizó una encuesta tipo cuestionario respondido por 270 profesionales de la industria. Los datos fueron analizados usando el análisis factorial exploratorio. Los hallazgos del estudio indicaron que las funciones del BIM son muy necesarias e importantes para los profesionales de la industria de la construcción en la Franja de Gaza. Los hallazgos de este estudio revelaron tres componentes de las funciones del BIM: (1) Gestión de datos y utilización en la planificación, operación y mantenimiento; (2) Diseño y análisis visualizados y (3) Construcción y operación. La optimización de la eficiencia energética resultó ser la función más importante de la primera componente del BIM ya que existe alta demanda por una construcción y desarrollo sustentables. En cuanto a la segunda componente, la simulación funcional destinada a elegir la mejor solución para la iluminación y energía resultó ser la función más alta. Esta función ayuda a identificar los métodos para reducir el consumo de recursos e incrementar las oportunidades de energías renovables en el sitio. La estimación de costos basada en el modelo demostró ser la función más alta en la tercera componente. Los profesionales de la industria de la construcción se verán beneficiados con los hallazgos presentados de este estudio al poder comprender las funciones del BIM que los impulsarán a aplicar sus herramientas con el fin de mejorar sustancialmente la realización de los proyectos de construcción.

Palabras clave: Modelado de la información de la construcción (BIM), funciones, profesional, construcción

1. Introducción

El Modelado de la Información de la Construcción (BIM) se puede definir como el desarrollo y uso de un programa computacional destinado a simular la construcción y operación de una edificación. Dzambazova *et al.* (2009) definieron el BIM como la gestión de la información a través de todo el ciclo de vida de un proceso de diseño, desde el inicio del diseño conceptual hasta la gestión de la construcción. Durante años, se ha usado internacionalmente el BIM y su uso continúa aumentando. En la actualidad, es uno de los desarrollos más prometedores en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) y posee el potencial para convertirse en la como concepto porque los límites de sus capacidades siguen expandiéndose junto con los avances espina dorsal de la información de toda una

nueva industria de la AEC (Eastman *et al.*, 2011; Cheng y Ma, 2013; Stanley y Thurnell, 2014). El BIM continúa desarrollándose tecnológicos (Joannides *et al.*, 2012). Hoy en día, se considera lo máximo en la entrega de proyectos dentro de la industria AEC (Azhar *et al.*, 2008). Está provocando un cambio extraordinario en la forma en que funciona la industria de la construcción. Este cambio fundamental involucra el uso de programas informáticos de modelación digital para diseñar, construir y gestionar los proyectos de manera más eficiente (Nassar, 2010).

El BIM refleja una transformación mayor dentro de la industria de la construcción ofreciendo una serie de beneficios, entre ellos una mayor eficiencia, precisión, rapidez, coordinación, coherencia, análisis energético, reducción de costos del proyecto, etc., a los diversos agentes desde propietarios, arquitectos, ingenieros, contratistas y otros profesionales de la construcción (Mandhar and Mandhar, 2013). El BIM ha logrado muchos beneficios en la industria de la construcción al apoyar y mejorar las prácticas

¹ Author de correspondencia:

Profesor de la Facultad de Ingeniería Civil, Ingeniería y Gestión de la Construcción- IUG, Gaza. Palestina
E-mail: enshassi@iugaza.edu.ps



del negocio en comparación con las prácticas tradicionales, basadas en el papel o CAD bidimensional (2D) (Eastman *et al.*, 2011). Se está haciendo cada vez más importante para manejar los procesos de intercambio de informaciones y de comunicaciones complejos en los proyectos colaborativos. El BIM sirve a todos los agentes, (diseñador, contratista, propietario y administrador de la instalación) para diseñar, construir, proyectar y elaborar los presupuestos (Weygant, 2011). Un número creciente de firmas de diseño, ingeniería y construcción han procurado adoptar el BIM para fortalecer sus servicios y productos (Sebastian y Berlo, 2010; Aibinu y Venkatesh, 2013). El objetivo de este estudio es investigar la importancia de las funciones del BIM en la industria de la construcción desde el punto de vista de los profesionales, en la Franja de Gaza, Palestina. Este artículo comienza con una revisión completa de la literatura relacionada con el tema; luego, se presenta la metodología, seguida de los resultados, para finalizar con las conclusiones y recomendaciones.

2. Revisión de la literatura

La adopción del BIM por la comunidad interesada indica una aceptación de su uso y reconocimiento de su potencial para mejorar la integración entre las decisiones de adquisición y los aspectos operacionales reales (Lorch, 2012). El BIM abarca los marcos de colaboración y las tecnologías para integrar los procesos y la información orientada hacia el objetivo durante el ciclo de vida del edificio en un modelo multi-dimensional (Sebastian y Berlo, 2010). El uso del BIM requiere la colaboración de las partes involucradas como propietario, arquitectos, ingenieros, contratistas y administradores de las instalaciones (Eastman *et al.*, 2011). Su uso puede aumentar el valor de una construcción, acortar la duración del proyecto, proporcionar presupuestos confiables, producir instalaciones listas para el mercado, y optimizar la gestión y mantenimiento de las instalaciones (Eastman *et al.*, 2011). Sarno (2012) explora más profundamente la forma en que las diversas actividades, agrupadas bajo el término 'gestión del ciclo de vida del proyecto' pueden vincularse de forma coherente al BIM. Al integrar el BIM con la administración del proyecto constructivo y soluciones de gestión del ciclo de vida de la infraestructura, los actores del proyecto pueden lograr nuevas eficiencias durante todo el ciclo de vida del proyecto. Además, les ayuda a aumentar el control y los ahorros al usarlo para diseñar el proyecto y su construcción (Eastman *et al.*, 2011).

El BIM contiene un modelo de información rico en cuanto al ciclo de vida de una edificación, permite una mejor comunicación, coordinación, análisis y control de calidad (McGraw-Hill Construction, 2008); reduce el desperdicio de materiales durante la construcción y gestión de la construcción y, eventualmente, puede ayudar en una demolición sustentable. La modelación de la energía también puede minimizar la energía empleada durante la vida de la infraestructura (Kolpakov, 2012). El BIM permite una inimaginable gama de actividades colaborativas, revisión inter-disciplinaria e integrada del diseño, coordinación multi-modelos y detección de interferencias, integración en tiempo real con otros especialistas para la estimación de costos, gestión de la construcción, etc. (Karlshøj, 2012). Se han desarrollado nuevos términos, conceptos y aplicaciones del BIM tales como 4D, pentadimensional (5D), sextidimensional (6D) y septidimensional (7D). La letra (D) en el término 3D significa "dimensional" y tiene diferentes fines para la

industria de la construcción. Wang (2011) explica los tipos de BIM de la siguiente forma:

- 3D: tridimensional comprende alto, largo y ancho.
- 4D: 3D más tiempo para la planificación de la construcción y programación del proyecto.
- 5D: 4D más estimación de los costos.
- 6D: 5D más lugar o sitio. Este requiere la integración del Sistema de Información Geográfica (GIS) con el BIM. Con la integración del GIS, todos los ítems en la modelación del sitio tendrán su ubicación exacta y la información sobre la elevación (X, Y, Z), como será en la realidad.
- 7D: BIM para la gestión del ciclo de vida de la construcción.

Los avances más recientes en el BIM publican el uso de información CAD multidimensional (nD) en la industria de la construcción (Eastman *et al.*, 2008; Jung y Joo, 2011). Además de las propiedades paramétricas del BIM 3D, la tecnología tiene funcionalidades 4D y 5D. Estos avances en el software han permitido a los contratistas agregar parámetros de costos y secuencias a los modelos para facilitar valiosos estudios de ingeniería; cantidad de materiales y estimación de los costos, e incluso simular las etapas del proyecto (Holness, 2006). En su nivel más básico, el BIM entrega a los propietarios una visualización tridimensional. También se usa como herramienta de venta para los potenciales clientes, pues los diseñadores pueden emplearlo para mostrar sus diseños (Azhar *et al.*, 2008). Weygant (2011) visualiza el BIM como una herramienta que se usa para el análisis de modelos, detección de interferencias, selección de productos y conceptualización de todo el proyecto.

Ashcraft (2008) presenta la forma en que se usa el BIM: entrada de datos simples, usos múltiples; precisión de diseño; diseños coherentes en modelación 3D; identificación y solución de conflictos; cantidad de materiales y estimación de costos; dibujos de taller y fabricación; visualización de soluciones y opciones alternativas; optimización de la energía; revisiones de la constructibilidad y simulaciones en 4D; control de costos de fabricación y errores; gestión de la edificación y simulaciones funcionales. Becerik-Gerber *et al.* (2011) reconocen las áreas de aplicación de la Gestión de las Instalaciones (FM, por sus siglas en inglés) en las que el BIM podría implementarse y ser beneficioso: ubicación de los componentes de la construcción, facilitación del acceso a los datos en tiempo real, visualización y venta, y verificación del mantenimiento. El mantenimiento puede comprender las siguientes áreas: accesibilidad, sustentabilidad de los materiales y mantenimiento preventivo; creación y actualización de activos digitales; gestión del espacio; planificación y estudios de factibilidad para construcciones sin necesidad de capital; gestión de la emergencia; control y seguimiento de la energía; y capacitación y desarrollo del personal.

Ku y Taiebat (2011) encontraron que las empresas utilizaban el BIM en las siguientes áreas de la gestión de la construcción: constructibilidad y visualización, cuando las tareas de constructibilidad incluían la detección de interferencias para la coordinación comercial, planificación del sitio, gestión de la información de la base de datos, estimación en base al modelo, control de costos y



programación 4D. Gray *et al.* (2013) informan usos del BIM que incluyen: visualización del diseño, asistencia en el diseño y revisión de la constructibilidad, planificación en el sitio y utilización del sitio, programación y secuencias (4D), estimación de costos (5D), integración de modelos de subcontratistas y proveedores, coordinación de sistemas, trazados y trabajo de campo; prefabricación; y operaciones y mantenimiento. Lee *et al.* (2014) resumen las tareas básicas de la industria de la construcción que pueden usar el BIM: visualización 3D, detección de interferencias, estudios de factibilidad, cantidad de materiales y estimación de costos basadas en el modelo, gestión de la programación visualizada en 4D, análisis medioambiental o certificación LEED, creación de talleres de diseño y administración del programa para la instalación de barras/marcos de acero/muros cortina; revisión de la constructibilidad visualizada, coordinación visual y geoespacial para la construcción de formas atípicas y creación de modelos "tal como están construidos" para la gestión de la edificación.

En base a lo anterior, se puede decir que el BIM tiene una amplia gama de aplicaciones: verificación simultánea de los diseños, construcción y procesos operativos. Normalmente, es imposible que un solo usuario del BIM tenga las competencias en todas las áreas, sin embargo, es importante conocer todas las áreas de aplicación y así ser capaz de seleccionar las funciones del BIM que son más aplicables para el propio trabajo (Baldwin, 2012). BIM está transformando la forma en que trabajan los arquitectos, ingenieros, contratistas y demás profesionales de la construcción (Mandhar and Mandhar, 2013).

3. Metodología

Se adoptó un método de encuesta cuantitativa para los profesionales (arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos y cualquier otra especialización relacionada) de la industria de la construcción en la Franja de Gaza, Palestina. La investigación se realizó en la Franja de Gaza, compuesta por sus cinco gobernaciones: Gaza del Norte, de Gaza, de Deir el-Balah, de Jan Yunis y de Rafah.

3.1 Población objetivo y muestreo del cuestionario

La población en estudio incluyó, como grupo objetivo, a los profesionales (arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos y otros) de la industria de la construcción en la Franja de Gaza, Palestina. Se escogió una muestra de conveniencia, que es un tipo de muestreo no probabilístico en el que los encuestados son elegidos simplemente porque son fuentes "convenientes" de datos para los investigadores (Lavrakas, 2008). En otras palabras, han sido seleccionados por su conveniente accesibilidad y proximidad al investigador (Dillman *et al.*, 2000). Se distribuyó un total de 275 copias del cuestionario, de las cuales regresaron 270 copias respondidas, con una tasa de encuestados del 97,8 %. La entrega personal de todo el muestreo ayudó a aumentar la tasa de respuesta y, por lo tanto, de la representatividad de la muestra.

3.2 Diseño y desarrollo del cuestionario

Se usó un cuestionario auto-administrado para la recolección de los datos. El primer borrador del cuestionario fue revisado en las tres etapas principales: *validez aparente*, *ensayo previo del cuestionario* y *estudio piloto*.

Validez aparente

La validez aparente era importante para saber si el cuestionario era válido o no. El cuestionario se presentó a 12 expertos de la industria de la construcción que tenían 20 años de experiencia, y se tomaron en consideración sus valiosos comentarios en cuanto a la modificación, claridad, adición o eliminación de algunas preguntas.

Prueba previa del cuestionario

Se realizó una prueba previa del cuestionario para asegurarse de que recogiera los datos correctos y que éstos fueran de calidad (Lavrakas, 2008). El ensayo previo se realizó en dos etapas y cada fase fue probada con 6 profesionales de la construcción en la Franja de Gaza. En la primera etapa se le hicieron algunas enmiendas para corregir algunas palabras de las preguntas y agregar más explicaciones a ciertos ítems a fin de facilitar la comprensión de la pregunta. El cuestionario se modificó en base a los resultados de la primera etapa del ensayo previo. Después se realizó la segunda etapa con 6 profesionales y fue suficiente para asegurar el éxito del cuestionario, pues no hubo preguntas de ningún profesional y todo estaba claro.

Estudio piloto

Después del éxito de la segunda etapa de la prueba previa del cuestionario, se hizo una prueba al cuestionario antes de hacerlo circular entre toda la muestra para obtener respuestas valiosas y detectar áreas con posibles defectos (Thomas, 2004; Naoum, 2007). Generalmente, una muestra de 30 a 50 personas es suficiente para identificar cualquier error mayor en el sistema (Thomas, 2004). De acuerdo a eso, se distribuyeron convenientemente 40 copias del cuestionario a los encuestados del grupo objetivo (profesionales de la industria de la construcción en la Franja de Gaza). Se recogieron todas las copias, se codificaron y analizaron a través del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales de IBM (SPSS, por su sigla en inglés) versión 22. Se realizaron dos pruebas: validez estadística del cuestionario/ criterios relacionados con la validez y confiabilidad del cuestionario mediante el Método de Dos Mitades (Half Split) y el Método de Coeficiente Alfa de Cronbach.

Validez estadística del cuestionario

En la investigación cuantitativa, la validez es el alcance que mide un estudio, usando una herramienta particular, de lo que se ha establecido medir. Para asegurar la validez del cuestionario, se aplicaron dos pruebas estadísticas. La primera prueba está relacionada con los criterios/prueba de validez interna (prueba de Pearson) que mide el coeficiente de correlación entre cada ítem en el campo y el campo completo. La segunda prueba es la prueba de validez estructural (prueba de Pearson) que se usa para probar la validez de la estructura del cuestionario comprobando la validez de cada campo y la validez del cuestionario completo. Mide el coeficiente de correlación entre un campo y todos los campos del cuestionario que tienen el mismo nivel de escala de clasificación numérica (Garson, 2013).

Prueba de validación interna

La coherencia interna del cuestionario se midió por exploración de la muestra (la muestra del estudio piloto), que consistía en 40 cuestionarios. Esto se realizó midiendo los coeficientes de correlación (prueba de Pearson) entre cada



ítem en el campo y todo el campo (Garson, 2013). Los resultados revelaron que los *p-valores* eran menores a 0,05, por lo que los coeficientes de correlación de cada campo eran significativos en $\alpha = 0,05$. Entonces, se puede decir que los ítems de cada campo son coherentes y válidos para lo que se desea medir.

Prueba de validez estructural

La validez estructural es la segunda prueba estadística que se usa para probar la validez de la estructura del cuestionario, comprobando la validez de cada campo y la validez del cuestionario completo. Mide el coeficiente de correlación entre un campo y todos los demás campos del cuestionario que tengan el mismo nivel de escala de clasificación numérica (Garson, 2013). Se descubrió que el *p-valor* era menor a 0,05, lo que indica que el coeficiente de correlación es significativo en $\alpha = 0,05$. Entonces, se puede decir que los campos son válidos para medir el objetivo principal del estudio.

Prueba de fiabilidad

La fiabilidad es el grado de coherencia o dependencia con el que un instrumento (cuestionario para este estudio) mide lo que está diseñado para medir (Field, 2009; Garson, 2013). Se usaron dos pruebas para medir la fiabilidad: el Método de las Dos Mitades y el Método del Coeficiente Alfa de Cronbach.

Método de las Dos Mitades

Se descubrió que el valor del coeficiente de correlación era de 0,87 y el *p-valor* es menor a 0,05. Entonces, se puede decir que los campos estudiados eran confiables según el método de las dos mitades.

Método del Coeficiente Alfa de Cronbach ($C\alpha$)

Este método se usó para medir la fiabilidad del cuestionario entre cada campo y la media de todos los campos del cuestionario. El valor del rango normal del coeficiente Alfa de Cronbach ($C\alpha$) se encuentra entre 0.0 y +1.0, y el valor mayor refleja un grado mayor de consistencia interna (Field, 2009; Garson, 2013). Los resultados muestran que el coeficiente Alfa de Cronbach ($C\alpha$) era de 0,89, esto es sobre 0,7 (Field, 2009). Entonces, el resultado asegura la fiabilidad del cuestionario.

Como resultado del estudio piloto, se seleccionaron algunos ítems, algunos se modificaron, otros se fusionaron y también se agregaron algunos. De las 45 funciones encontradas en la revisión de la literatura, se seleccionaron 16 para ser investigadas en este estudio. El análisis de los datos se realizó usando el SPSS de IBM, versión 22.

4. Resultados y discusión

El análisis factorial es un término genérico relacionado con la reducción de un conjunto de variables observables en términos de un número menor de factores latentes. Se desarrollaron principalmente para analizar relaciones entre un número de entidades medibles. La presunción subyacente del análisis factorial es que existe un número de variables latentes, no observadas (o "factores") que dan cuenta de las correlaciones entre las variables observadas. En otras palabras, los factores latentes determinan los valores de las variables observadas (Doloi,

2008; Doloi, 2009; Hardy y Bryman, 2004; Larose, 2006; Liu y Salvendy, 2009; Field, 2009). Las principales aplicaciones de las técnicas analíticas de factores son: reducir el número de variables y detectar la estructura en las relaciones entre las variables, es decir, clasificar las variables.

El *Análisis factorial exploratorio (EFA)* se usa para identificar interrelaciones complejas entre variables y grupo de variables que forman parte de conceptos unificados (Field, 2009). Los investigadores no hacen suposiciones "a priori" sobre las relaciones entre los factores. El peso de los factores se calcula para extraer la varianza máxima posible, con la factorización sucesiva que continúa hasta que ya no quedan más varianzas significativas. El modelo de factor entonces debe ser rotado para el análisis (Field, 2009). El análisis factorial se usó para examinar el patrón de las interrelaciones entre los 16 ítems/variables de las funciones del BIM en un intento de reducir su número. Además, se usó para agrupar ítems/variables de características similares. En otras palabras, identifica subconjuntos de ítems/variables que se correlacionan entre ellos, llamados factores o componentes.

Adecuación del análisis factorial

En primer lugar, se evaluaron los datos para conocer su idoneidad para su aplicación en el análisis factorial, el que incluye las siguientes etapas:

Validez del tamaño de la muestra

La fiabilidad del análisis factorial depende del tamaño de la muestra. El análisis factorial puede realizarse en una muestra que tenga menos de 100 encuestados, pero más de 50 encuestados; en este estudio el tamaño de la muestra fue de 270. Además, la regla general sugiere que el tamaño de la muestra tenga al menos 10–15 encuestados por ítem/variable. En otras palabras, el tamaño de la muestra debería tener al menos 10 veces el número de variables y algunos recomiendan 20 veces (Field, 2009; Zaiantz, 2014). Las funciones del BIM contienen 16 variables y el tamaño de la muestra era de 270. Con 270 encuestados y 16 ítems/variables (funciones BIM), la razón entre encuestados y variables es de 17:1, lo que excede el requisito para la razón entre encuestados y variables.

Validez de la matriz de correlación (Correlaciones entre ítems/variables)

La Tabla 1 muestra la matriz de correlación para las 16 variables de las funciones del BIM. Es simplemente un arreglo de números que entregan los coeficientes de correlación entre una sola variable y todas las demás variables en la investigación (Field, 2009; Zaiantz, 2014). Como se aprecia en la Tabla 1, el coeficiente de correlación entre una variable y ella misma es siempre 1; de ahí que la diagonal principal de la matriz de correlación contiene números 1. Los coeficientes de correlación sobre y bajo la diagonal principal son los mismos. La Portland Cement Association (PCA) exige que haya correlaciones mayores a 0,30 entre las variables incluidas en el análisis. Para este conjunto de variables, la mayoría de las correlaciones en la matriz son fuertes y mayores a 0,30. Las correlaciones quedaron satisfechas con este requisito.

Pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de Bartlett

Se aplicaron las pruebas de adecuación del muestreo de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. Los resultados de estas pruebas se informan en la



Tabla 2. El valor de la medición KMO de la adecuación de la muestra fue de 0,92 (cercano a 1). Se consideró aceptable porque excedía el requisito mínimo de 0,50 y se encuentra sobre 0,90 (‘magnífico’ según Kaiser, 1974; Field, 2009; Zaiantz, 2014). Además, la prueba de esfericidad de Bartlett también indicó la fortaleza de la relación entre las variables. La prueba de esfericidad de Bartlett obtuvo un 2707,30 y el nivel de significancia asociado fue de 0,00. El valor probabilístico (sig.) asociado a la prueba de Bartlett es menor a 0,01, lo que satisface el requisito del análisis factorial. Esto indica que la matriz de correlación no era una matriz de identidad y que todas las variables estaban correlacionadas. De acuerdo a los resultados de estas dos pruebas, los datos de la muestra (de funciones BIM) eran adecuados para el análisis factorial.

Medición de la fiabilidad para todos los ítems/ variables

La prueba del coeficiente alfa de Cronbach de los ítems/ variables se realizó en los campos de las funciones del BIM. El valor del coeficiente alfa de Cronbach ($C\alpha$) podría encontrarse en cualquier lugar en el rango entre 0 y 1, donde un valor mayor denota una mayor coherencia interna y vice versa. Un alfa de 0,60 o mayor es el nivel mínimo aceptable. De preferencia, alfa deber ser de 0,70 o mayor (Field, 2009; Garson, 2013). Como se aprecia en la Tabla 2, el valor de $C\alpha$ calculado para los 16 ítems/variables del campo de las funciones BIM es 0,94, considerado alto.

Tabla 1. Correlaciones entre ítems/ variables de las funciones del BIM

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
F1	1															
F2	0.72**	1														
F3	0.62**	0.69**	1													
F4	0.52**	0.57**	0.62**	1												
F5	0.48**	0.46**	0.47**	0.56**	1											
F6	0.43**	0.46**	0.48**	0.51**	0.74**	1										
F7	0.49**	0.51**	0.47**	0.46**	0.54**	0.54**	1									
F8	0.53**	0.45**	0.56**	0.45**	0.47**	0.48**	0.74**	1								
F9	0.38**	0.39**	0.35**	0.42**	0.49**	0.56**	0.37**	0.33**	1							
F10	0.48**	0.52**	0.43**	0.44**	0.52**	0.54**	0.56**	0.50**	0.60**	1						
F11	0.46**	0.48**	0.51**	0.45**	0.46**	0.41**	0.50**	0.53**	0.39**	0.66**	1					
F12	0.46**	0.44**	0.48**	0.43**	0.46**	0.47**	0.54**	0.56**	0.33**	0.56**	0.63**	1				
F13	0.50**	0.48**	0.50**	0.38**	0.39**	0.39**	0.54**	0.60**	0.28**	0.48**	0.63**	0.66**	1			
F14	0.40**	0.41**	0.39**	0.44**	0.54**	0.55**	0.50**	0.48**	0.42**	0.42**	0.43**	0.56**	0.48**	1		
F15	0.40**	0.44**	0.47**	0.44**	0.47**	0.47**	0.53**	0.60**	0.36**	0.48**	0.53**	0.59**	0.58**	0.66**	1	
F16	0.48**	0.47**	0.49**	0.44**	0.43**	0.37**	0.51**	0.50**	0.38**	0.47**	0.49**	0.51**	0.48**	0.49**	0.62**	1

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (1-cola).

* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (1-cola).

Tabla 2. Pruebas de KMO y de Bartlett para las funciones del BIM

Pruebas de KMO y de Bartlett		
Medición de Kaiser-Meyer-Olkin de la adecuación de la muestra	0.92	
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	2707.30
	df	120
	Sig.	0.00
Coef. alfa de Cronbach ($C\alpha$)	0.94	

Comunalidades (varianza común)

Las comunalidades representan la proporción de la varianza en los ítems /variables originales que representa la solución del factor. La solución del factor debería explicar al menos la mitad de cada varianza de la variable original, por lo que el valor de las comunalidades para cada variable debería ser 0.50 o mayor (Field, 2009; Zaiontz, 2014). La Tabla 3 muestra que todas las comunalidades para todas las variables satisfacen el requisito mínimo de ser mayor a 0.50, por lo que ninguna variable fue excluida en base a la baja comunalidad y se usaron las 16 variables de las funciones del BIM en este análisis.

Explicación de la varianza total

Usando el resultado de la iteración 1, existían tres autovalores (eigenvalor) mayores a 1 (Figura 1). El criterio del autovalor establece que cada componente explica al menos el valor de una variable de la variabilidad y, por lo tanto, solo los componentes con autovalores mayores a uno deben ser retenidos

(Larose, 2006; Field, 2009). El criterio de la raíz cuadrada latente para el número de factores a derivar indicaría que había 3 componentes (factores) que debían ser extraídos de esas variables. Los resultados están tabulados en la Tabla 4. La solución de tres componentes explica una suma de la varianza con componente 1 contribuyendo con un 52.60%; la componente 2 contribuye con 7.41%; y la componente 3 contribuye con 6.77%.

Luego, las tres componentes fueron rotadas vía rotación Varimax (ortogonal). Esto no cambió la solución subyacente o la relación entre las variables. Más bien, presenta el patrón de cargas de una manera en que es más fácil interpretar los componentes (factores) (Reinard, 2006; Field, 2009; Zaiontz, 2014). La solución rotada reveló que la solución de las tres componentes explicaban una suma de la varianza con la componente 1 contribuyendo un 28.21%; la componente 2 contribuyendo en 19,36% y la componente 3 contribuyendo un 19.20%. Estas tres componentes (factores) explicaron el 66.77% de la varianza total para la rotación Varimax.

Tabla 3. Comunalidades de las funciones del BIM

N°	Funciones del BIM	Inicial	Extracción
F1	Modelado y visualización tridimensional (3D)	1	0.73
F2	Simulaciones funcionales para elegir la mejor solución (<i>como Iluminación, energía y cualquier otra información de sustentabilidad</i>)	1	0.78
F3	Gestión de cambios (<i>cualquier modificación al diseño de la edificación se replicará automáticamente en cada vista como plano de pisos, secciones y elevaciones</i>)	1	0.75
F4	Revisiones de la constructibilidad visualizada/ Simulación del edificio (<i>un modelo estructural 3D así como un modelo 3D de los servicios mecánicos, eléctricos y de plomería, MEP</i>)	1	0.63
F5	Programación y secuencia de la construcción visualizada cuatridimensional (4D)	1	0.71
F6	Estimación de costos basado en el modelo (penta-dimensional (5D))	1	0.76
F7	Planificación y utilización del sitio basado en el modelo	1	0.60
F8	Planificación de la seguridad y monitoreo en el sitio	1	0.65
F9	Cantidad estimada de materiales y de trabajo basada en el modelo	1	0.66
F10	Creación de un modelo tal como se construirá que contiene todos los datos necesarios a fin de gestionar y operar la construcción (<i>gestión de la instalación</i>)	1	0.59
F11	Expansión/extensión a futuro de las instalaciones e infraestructura	1	0.60
F12	Programación del mantenimiento vía modelo tal como se construirá	1	0.69
F13	Optimización de la energía de la edificación	1	0.71
F14	Archivado de informes y datos vía un modelo en 3D de la edificación	1	0.62
F15	Gestión de metadatos (<i>proporciona información sobre el contenido de una cierta variable</i>) vía un modelo en 3D de la edificación	1	0.69
F16	Interoperabilidad y traducción de la información (<i>entre los profesionales</i>) dentro del mismo sistema/programa	1	0.53



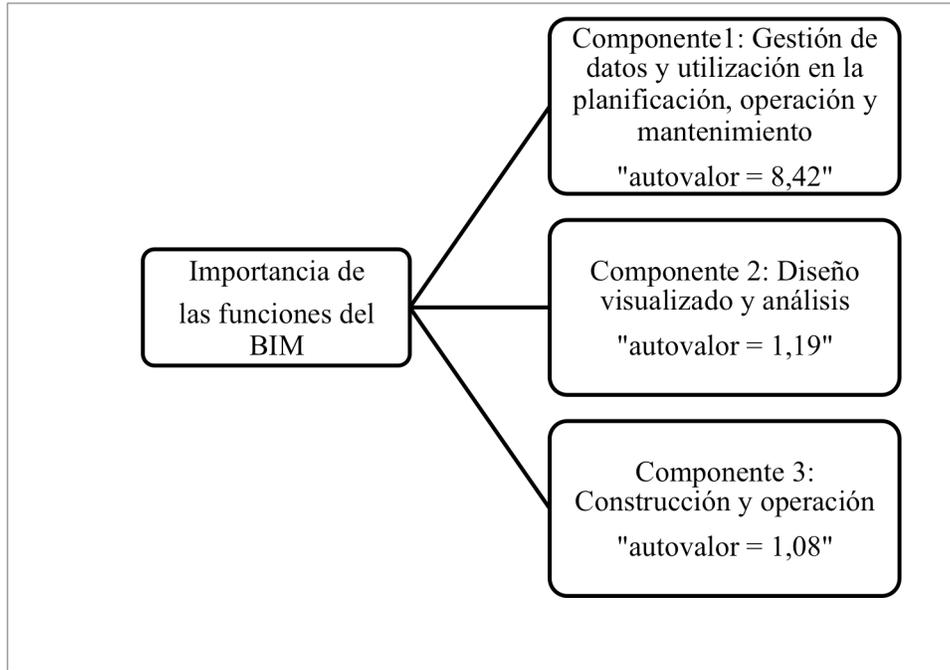


Figura 1. Componentes de las funciones del BIM

Tabla 4. Varianza total explicada las funciones del BIM

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas cuadradas			Sumas de rotación de cargas cuadradas		
	Total	% de Varianza	Acumulativo %	Total	% de Varianza	Acumulativo %	Total	% de Varianza	Acumulativo %
1	8.42	52.60	52.60	8.42	52.60	52.60	4.51	28.21	28.21
2	1.19	7.41	60.01	1.19	7.41	60.01	3.10	19.36	47.57
3	1.08	6.77	66.77	1.08	6.77	66.77	3.07	19.20	66.77
4	0.81	5.04	71.82						
5	0.69	4.29	76.11						
6	0.60	3.72	79.83						
7	0.51	3.20	83.03						
8	0.43	2.70	85.73						
9	0.39	2.44	88.16						
10	0.36	2.24	90.40						
11	0.34	2.12	92.52						
12	0.31	1.92	94.44						
13	0.28	1.75	96.19						
14	0.22	1.39	97.59						
15	0.21	1.33	98.91						
16	0.17	1.09	100						

Gráfico de sedimentación

El gráfico de sedimentación de la Figura 2 es un gráfico de autovalores versus todos los factores. Este gráfico también se puede usar para decidir el número de factores que se pueden derivar. El punto de interés está donde la curva comienza a aplanarse. Se aprecia que la curva comienza a aplanarse entre los factores 3 y 4. Cabe señalar además que el factor 4 tiene un autovalor menor a 1, entonces solo se han retenido tres factores para ser extraídos.

Matriz de componentes (factores) rotados

La Tabla 4 muestra las cargas del factor después de la rotación de las 15 variables (desde las 16 variables originales) en los tres factores extraídos y rotados. El patrón de cargas del factor debe ser examinado para identificar las variables que poseen una estructura compleja (la estructura compleja ocurre cuando una variable tiene cargas o correlaciones altas (0,50 o mayores) en más de un factor o componente). Si una variable tiene una estructura compleja deberá ser removido del análisis (Reinard, 2006; Field, 2009; Zaiantz, 2014). De acuerdo a la anterior, fue necesario remover la variable "Archivado de informes y datos vía modelado de la construcción en 3D" (F14) porque demostró una estructura compleja. Fue cargada bajo dos componentes (componente

1 y componente 3) al mismo tiempo con una carga de factor de 0.60 bajo la componente 1 y con una carga de factor de 0.51 bajo la componente 3. Como se aprecia en la Tabla 4, la carga de factor para cada variable restante está sobre 0.50 y todos los ítems/variables tenían una estructura simple.

Medidas de fiabilidad para cada componente (factor)

Una vez que se han extraído y rotado los factores, fue necesario hacer una comprobación para conocer si las variables en cada factor que se formó colectivamente explican la misma medida dentro de las dimensiones objetivo (Doloi, 2009). Si las variables realmente forman el factor (componente) identificado, se da por entendido que ellas deberían correlacionarse razonablemente con las demás, aunque no con una correlación perfecta. Se realizó la prueba alfa de Cronbach ($C\alpha$) para cada componente (factor). El valor más alto de $C\alpha$ denota la mayor coherencia interna y vice versa. Un alfa de 0.60 o mayor es el nivel mínimo aceptable. De preferencia, el alfa sería 0.70 o mayor (Field, 2009; Garson, 2013). De acuerdo a los resultados que se encuentran tabulados en la Tabla 5, el $C\alpha$ para el factor 1 es 0.90; el $C\alpha$ para el factor 2 es 0.86 y el $C\alpha$ para el factor 3 es 0.84. Se consideran excelentes.

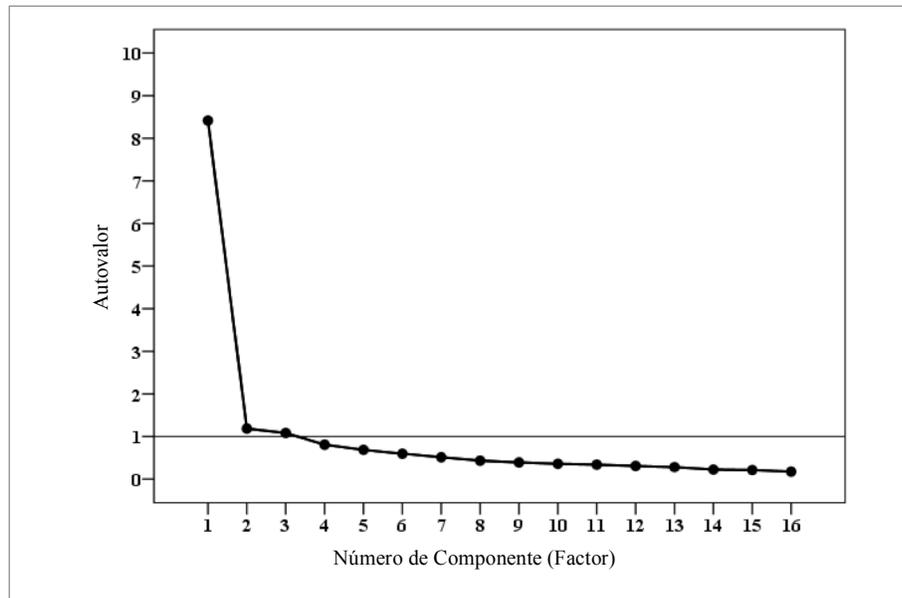


Figura 2. Gráfico de sedimentación de los componentes de las funciones del BIM

Tabla 5. Resultados del análisis de los factores para las funciones del BIM

N°	Factores/ Componentes de las funciones del BIM	Carga del factor	Autovalores	Varianza% explicada	Alfa de Cronbach (C α)
Componente/ Factor uno : <i>Gestión y utilización de los datos en la planificación, operación y mantenimiento</i>					
F13	Optimización de la energía de la edificación	0,78	8,42	52,60	0,90
F12	Programa de mantenimiento vía modelo tal como se construyó	0,76			
F15	Gestión de metadatos (<i>proporciona información sobre el contenido de cierta variable</i>) vía un modelo 3D de la edificación	0,76			
F8	Planificación y monitoreo de la seguridad en el sitio	0,69			
F11	Expansión/extensión futura de la instalación e infraestructura	0,66			
F7	Planificación y utilización del sitio en base al modelo	0,61			
F16	Interoperabilidad y traducción de la información (<i>entre profesionales</i>) dentro del mismo sistema/programa	0,61			
Componente/ Factor dos: <i>Diseño y análisis visualizados</i>					
F2	Simulaciones funcionales para seleccionar la mejor solución (<i>como iluminación, energía y cualquier otra información de sustentabilidad</i>)	0,80	1,19	7,41	0,86
F3	Gestión de cambios (<i>cualquier modificación al diseño del edificio se replicará automáticamente en cada vista como plano de pisos, secciones y elevaciones</i>)	0,77			
F1	Modelado y visualización tridimensional en 3D	0,77			
F4	Revisiones de la constructibilidad visualizada / simulación del edificio (<i>un modelo estructural en 3D así como un modelo 3D de los servicios mecánicos, eléctricos y de plomería, MEP</i>)	0,62			
Componente/ Factor tres: <i>Construcción y operación</i>					
F6	Estimación de costos basado en el modelo (5D)	0,79	1,08	6,74	0,84
F9	Estimación de la cantidad de materiales y trabajo basado en el modelo	0,78			
F5	Programación y secuencia de construcción visualizada (4D)	0,74			
F10	Creación de modelo como se construirá que contiene todos los datos necesarios para gestionar y operar el edificio (<i>gestión de las instalaciones</i>)	0,53			

5. Los factores extraídos

En la siguiente sección se interpreta y discute cada componente (factor) extraído:

5.1 Componente 1: Gestión de datos y utilización en la planificación, operación y mantenimiento

La primera componente llamada Gestión de datos y utilización en la planificación, operación y mantenimiento explica el 52.60 % de la varianza total y tiene siete ítems/variables. La mayoría de ellos obtuvieron cargas de factor altas (≥ 0.61). Estos son:

- Optimización de la energía del edificio (F13), con carga de factor = 0.78
- Programa de mantenimiento vía modelo tal como se construyó (F12), con carga de factor = 0.76
- Gestión de metadatos (proporciona información sobre el contenido de cierta variable) vía un modelo 3D de la edificación (F15), con carga de factor = 0.76

- Planificación y monitoreo de la seguridad en el sitio (F8), con carga de factor = 0.69
- Expansión/extensión futura de la instalación e infraestructura (F11), con carga de factor = 0.66
- Planificación y utilización del sitio en base al modelo (F7), con carga de factor = 0.61
- Interoperabilidad y traducción de la información (entre profesionales) dentro del mismo sistema/programa (F16), con carga de factor = 0.61

Gestión de datos es el proceso de controlar la información generada durante un proyecto. Durante el ciclo de vida de un proyecto o activo (desde el diseño, construcción y entrega a la operación) el número de activos que deben ser documentados, intercambiados y a los que se debe hacer referencia es enorme. Encontrar la solución correcta que ayude a mejorar una colaboración y control seguros entre las partes interesadas, y a la vez aumentar el cumplimiento, mitigar el riesgo e integración con los procesos modulares puede ser un desafío (Eastman et al.,



2011; Baldwin, 2012). Las soluciones de la Gestión de datos del BIM ha demostrado tener una gran habilidad para mantener la coherencia y contexto de los datos así como apoyar más eficientemente los procesos a través del ciclo de vida del proyecto (Choi, 2010; Lee et al., 2009; Lee et al., 2007; Smart Market Report, 2012) (citado en Lee et al., 2014). Como lo muestran los resultados, la variable con la mayor carga de esta primera componente (factor) es "Optimización de la energía del edificio" (F13), y la variable con la menor carga de esta primera componente (factor) es "Interoperabilidad y traducción de la información (entre profesionales) dentro del mismo sistema/programa" (F16).

La "Optimización de la energía del edificio" (F13) es la variable mayor de la componente 1 de las funciones del BIM con una carga del factor de 0.78. Es una función importante del BIM, cuando la demanda por edificios sustentables con mínimo impacto medioambiental y uso eficiente de la energía aumenta a diario. La modelación de la energía puede minimizar su uso a lo largo de la vida del edificio (Kolpakov, 2012). Desde la perspectiva de costos, diseñar un edificio para el uso eficiente de la energía es más caro en las primeras fases del diseño y construcción, pero reduce los costos de construcción considerando todo el ciclo de vida. El modelado BIM monitorea los costos del ciclo de vida del edificio y optimiza la eficiencia de los costos; incorpora gran parte de lo que la Gestión de las Instalaciones (FM) requeriría para operar y mantener el edificio desde la perspectiva del uso de la energía. Los sensores pueden alimentar y registrar los datos importantes para la fase operativa de un edificio, permitiendo que el BIM modele, evalúe, controle y monitoree la eficiencia energética (Ashcraft, 2008; Eastman et al., 2008; Becerik-Gerber et al., 2011; Ku y Taiebat, 2011). En cuanto a los ahorros en energía, Park et al, (2012) en Corea buscó construir un sistema basado en el BIM que pudiera evaluar el comportamiento de la energía de los edificios. Es imperativo fortalecer la eficiencia energética a través de operaciones inteligentes y/o gestión de los sistemas de Calefacción, Ventilación y Acondicionamiento de aire (HVAC) mediante el análisis de comportamiento de la energía basado en el BIM.

"Interoperabilidad y traducción de la información (entre profesionales) dentro del mismo sistema/programa" (F16) es la variable más baja con factor 1, de las funciones del BIM, con una carga del factor de 0.61. Esta función del BIM puede facilitar el trabajo colaborativo en la industria de la construcción. El resultado es coherente con Baldwin (2012) y Gray et al. (2013). La "Interoperabilidad y traducción de la información" es importante cuando se adopta el BIM en el trabajo, pues facilita la transferencia precisa de información entre todas las partes involucradas.

5.2 Componente 2: Diseño y análisis visualizados

La segunda componente llamada Diseño y análisis visualizados explica el 7.41% de la varianza total y consta de cuatro ítems/variables. La mayoría de las variables tienen cargas de factor altas (≥ 0.62) y son las siguientes:

- Simulaciones funcionales para seleccionar la mejor solución (como iluminación, energía y cualquier otra información de sustentabilidad) (F2), con carga de factor = 0.80
- Gestión de cambios (cualquier modificación al diseño del edificio se replicará automáticamente en

cada vista como plano de pisos, secciones y elevaciones) (F3), con carga de factor = 0.77

- Modelado y visualización tridimensional en 3D (F1), con carga de factor = 0.77
- Revisiones de la constructibilidad visualizada / simulación del edificio (un modelo estructural en 3D así como un modelo 3D de los servicios mecánicos, eléctricos y de plomería, MEP) (F4), con carga de factor = 0.62

En la fase de diseño y a través del BIM, las tareas colaborativas se realizan entre todas las partes consultadas desde el inicio del proyecto, de modo que cada aspecto del diseño puede ser coordinado: las tareas arquitectónicas, estructurales, ingeniería, etc. Como el BIM está unido a una base de datos, cualquier cambio en un diseño se refleja en todo el modelo, eliminando así errores y ahorrando tiempo al cambiar los planos y modelos del diseño. Además, el BIM puede emplearse en proyectos de cualquier tamaño y para partes de un proyecto. Las representaciones/visualizaciones en 3D ayudan al propietario y a todo el equipo a visualizar el proyecto, facilitando la toma de decisiones. Es más fácil realizar los diseños complejos con el BIM porque los arquitectos/ ingenieros pueden documentar mejor la complejidad en los planos. Los errores/ enfrentamientos en el diseño entre las disciplinas se detectan y resuelven fácilmente (Ashcraft, 2008; Eastman et al., 2008; Becerik-Gerber et al., 2011; Ku y Taiebat, 2011; Baldwin, 2012; Gray et al., 2013; Lee et al., 2014). El BIM también se puede usar para mejorar el análisis, porque el modelo BIM se usa para determinar el método ingenieril más eficiente basándose en las especificaciones de diseño. El desarrollo de la información es la base de lo que se le transmitirá al propietario y/u operador para que use en los sistemas constructivos (es decir, análisis de la energía, análisis estructural, planes de evacuación de emergencia, etc.). Estas herramientas de análisis y simulaciones de comportamiento pueden mejorar significativamente el diseño de una instalación y su consumo energético durante su ciclo de vida útil (Baldwin, 2012; Lee et al., 2014). Como se aprecia en los resultados, la variable con mayor carga de esta primera componente (factor) es "Simulaciones funcionales para seleccionar la mejor solución (como iluminación, energía y cualquier otra información de sustentabilidad)" (F2), y la variable con la carga más baja carga de esta primera componente (factor) es "Revisiones de la constructibilidad visualizada / simulación del edificio (un modelo estructural en 3D así como un modelo 3D de los servicios mecánicos, eléctricos y de plomería, MEP)" (F4).

"Simulaciones funcionales para seleccionar la mejor solución (como iluminación, energía y cualquier otra información de sustentabilidad)" (F2) es la variable más alta del factor 2 de las funciones BIM con una carga del factor de 0,80. Es una función importante del BIM, al ampliar el análisis se puede ayudar a identificar formas para reducir el consumo de los recursos, incrementar las oportunidades de energía renovables, aumentar la confianza del inversor, mejorar el ánimo de los empleados y cumplir con los requisitos de diseño sustentable y eficiencia energética. Ashcraft (2008), Eastman et al. (2008), Baldwin (2012) y Lee et al. (2014) señalan la importancia de esta función. Las simulaciones de la iluminación, energía y otra información de sustentabilidad realmente influirían en la resistencia y calidad del diseño y, por lo tanto, en una operación eficiente del edificio.



“Revisiones de la constructibilidad visualizada / simulación del edificio (un modelo estructural en 3D así como un modelo 3D de los servicios mecánicos, eléctricos y de plomería, MEP)” (F4) es la variable más baja de la componente 2 de las funciones BIM, con una carga del factor de 0.62. Esta función puede ayudar a terminar el edificio en su nivel óptimo comprendiendo cabalmente el diseño, escogiendo el mejor método para su construcción. En otras palabras, para comprender la importancia de un diseño de calidad y completar un proyecto eficientemente nos lleva a utilizar el BIM para gestionar la coordinación de los servicios MEP/diseño arquitectónico tanto para en la renovación como construcción de nuevos proyectos. Esta función del BIM puede integrar de manera efectiva los conocimientos a la planificación conceptual, diseño, construcción y operaciones en el campo de un proyecto para lograr los objetivos generales en el mejor tiempo posible y con mayor precisión a nivel de costos (Ashcraft, 2008; Eastman et al., 2008; Ku y Taiebat, 2011; Gray et al., 2013; Lee et al., 2014).

5.3 Componente 3: Construcción y operación

La tercera componente denominada Construcción y operación explica el 6.77 % de la varianza total y consta de cuatro variables. La mayoría de las variables tienen una carga del factor relativamente alta (≥ 0.53). Estas son:

- Estimación de costos basado en el modelo (5D), (F6), con carga de factor = 0.79
- Estimación de la cantidad de materiales y trabajo basado en el modelo (F9), con carga de factor = 0.78
- Programación y secuencia de construcción visualizada (4D), (F5), con carga de factor = 0.74
- Creación de modelo como se construirá que contiene todos los datos necesarios para gestionar y operar el edificio (gestión de las instalaciones), (F10), con carga de factor = 0.53

Más allá del diseño, los modelos BIM pueden facilitar la compra de materiales, el proceso de licitación y etapa de construcción del proyecto. El hecho de relacionar el modelo del contratista con el diseño del modelo puede ayudar a las partes interesadas a pre-construir el proyecto antes de construirlo realmente y proporcionar información para una mejor programación. Por otra parte, el BIM apoya la colaboración, la operación de una instalación y la gestión de un modelo de construcción virtual dentro del ciclo de vida del edificio (AGC, 2005; Smith, 2007; GSA, 2007; State of Ohio, 2010; NBIMS-US, 2012; Ahmad et al., 2012). El BIM es el futuro de la construcción y de la gestión a largo plazo de la edificación, pues controla el tiempo, los costos de operación mantenimiento; optimiza las estrategias de gestión y mantenimiento de la construcción (Ashcraft, 2008; Eastman et al., 2008; Becerik-Gerber et al., 2011; Ku and Taiebat, 2011; Baldwin, 2012; Gray et al., 2013; Lee et al., 2014). Como lo señalan los resultados, la variable con carga del factor más alto de esta primera componente (factor) es la “Estimación de costos basado en el modelo (5D)”, (F6), y la variable con carga del factor más bajo de esta primera componente (factor) es la “Creación de modelo como se construirá que contiene todos los datos necesarios para gestionar y operar el edificio (gestión de las instalaciones)”, (F10).

La “Estimación de costos basado en el modelo (5D)”, (F6) es la variable más alta de las 3 componentes de las funciones BIM, con carga del factor de 0.79. Es una función muy importante para los profesionales de la industria de la construcción y concuerda con Eastman et al. (2008), Baldwin (2012), y Gray et al. (2013). Nassar (2010) descubrió que el BIM aumentaría la precisión y exactitud del aspecto cuantitativo de los estimados de costos. La estimación de costos, 5D, en el BIM sustenta todo el ciclo de vida de un edificio desde la cuna hasta la tumba. Al utilizar un modelo informativo del edificio en lugar de planos, las cantidades estimadas, cálculos y mediciones se pueden generar directamente del modelo. En consecuencia, la información es siempre consistente con el diseño, y cuando se introduce un cambio en el diseño (por ejemplo, una ventana más chica), el cambio se replica automáticamente en toda la documentación y programación de la construcción, así como en los estimados, cálculos y mediciones usados por el encargado. La estimación de costos 5D vía BIM ahorra tiempo, reduce costos y posibles errores humanos.

La “Creación de modelo como se construirá que contiene todos los datos necesarios para gestionar y operar el edificio (gestión de las instalaciones)”, (F10) es la variable más baja de las 3 componentes de las funciones BIM, con una carga del factor de 0.53. Esta función se menciona en la revisión de la literatura como una función importante del BIM según los estudios de Ashcraft (2008), Eastman et al. (2008), y Lee et al. (2014). El modelo BIM creado por los diseñadores y actualizado durante la fase constructiva, tiene la capacidad de transformarse en un modelo “como construido”, y que también se le puede entregar al propietario o gestor de la construcción. Sirve como fuente de conocimientos compartidos para la información del edificio, creando una base confiable para las decisiones respecto de su operación y mantenimiento.

6. Conclusiones

Los hallazgos de este estudio indican que las funciones del BIM son muy necesarias e importantes para los profesionales en la industria de la construcción en la Franja de Gaza. Los resultados obtenidos del análisis de los factores han agrupado las funciones del BIM en tres componentes: (1) Gestión de datos y utilización en la planificación, operación y mantenimiento; (2) Diseño y análisis visualizados, y (3) Construcción y operación. Se recomienda la capacitación y entrenamiento para aumentar el conocimiento sobre el BIM y el interés entre los arquitectos e ingenieros. Se recomienda a las universidades y asociaciones de ingenieros promover la adopción del BIM ofreciendo cursos y talleres de capacitación en las funciones del BIM y sus aplicaciones en la industria de la construcción. Las instituciones académicas y universidades deben tomar la iniciativa para ofrecer métodos modernos e innovadores y comprometerse con el BIM en la industria de la construcción para sus estudiantes. Las asociaciones de ex alumnos de las facultades de ingeniería también deberían participar activamente en dar a conocer el BIM y aclarar los alcances de sus aplicaciones en la industria de la construcción en Palestina.

Se debería activar la relación entre la academia y los profesionales en la industria de la construcción estableciendo un diálogo que promueva el conocimiento y el intercambio de experiencias e ideas. La implementación del BIM debe ser pausada y constante para evitar un impacto negativo en los



procesos existentes. En otras palabras, el cambio debería ser gradual y sostenido, adoptando el BIM proyecto a proyecto (como un ejemplo, pero no una limitación). De este modo, sería más fácil romper cualquier barrera psicológica, social y financiera para la adopción del BIM. El gobierno debería realizar avances progresivos para aplicar el BIM en la

industria de la construcción en la Franja de Gaza; debería generar un plan/hoja de ruta simplificado para implementar aspectos que requieren ser considerados por las organizaciones para progresar en la escala de maduración del BIM.

7. Referencias

- Aibinu A. and Venkatesh S. (2013)**, Status of BIM adoption and the bim experience of cost consultants in Australia. American Society of Civil Engineers (ASCE), Vol. 140 : No. 3, pp. 1-10.
- Ashcraft H. W. (2008)**, Building information modeling: a framework for collaboration. Construction Lawyer, Vol. 28 : No. 3, pp. 1-14.
- Azhar S., Hein, M., & Sketo, B. (2008a)**, Building information modeling (BIM): benefits, risks and challenges. Proceedings of the 43rd ASC National Annual Conference, Flagstaff, AZ. Auburn, Alabama: The Associated Schools of Construction (ASC), pp. 1-11.
- Baldwin M. (2012)**, BIM implementation & execution plans. BIM Journal, Vol. 3 : No. 35, pp. 73-76.
- Becerik-Gerber B., Jazizadeh F., Li N. and Calis G. (2011)**, Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 138 : No. 3, pp. 431-442.
- Cheng J. C. and Ma L. Y. (2013)**, A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. Waste Management, Vol: 33 : No. 6, pp. 1539-1551.
- Dillman D. A., Smyth J. D. and Christian L. M. (2000)**, Mail and internet surveys: the tailored design method, 2nd Edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Doloi H. (2008)**, Analysing the novated design and construct contract from the client's, design team's and contractor's perspectives. Construction Management and Economics, Vol. 26 : No. 11, pp. 1181-1196.
- Doloi H. (2009)**, Analysis of pre-qualification criteria in contractor selection and their impacts on project success. Construction Management and Economics, Vol. 27 : No. 12, pp. 1245-1263.
- Dzambazova T., Krygiel E., and Demchak G. (2009)**, Introducing Revit architecture 2010 " BIM for beginners", 1st Edition. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.
- Eastman C., Teicholz P., Sacks R. and Liston K. (2008)**, BIM handbook " a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors". Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Field A. (2009)**, Discovering statistics using SPSS, 3rd Edition. London: SAGE Publications Ltd.
- Garson G. D. (2013)**, Validity and Reliability (Statistical Associates Blue Book Series 12), Kindle Edition. USA: Statistical Associates Publishers.
- Gray M., Gray J., Teo M., Chi S. and Chung Y. (2013)**, Building information modelling : an international survey. WBC13 "World Building Congress" (pp. 1-15). Australia: Brisbane, Queensland University of Technology (QLD).
- Hardy M. A. and Bryman A. (2009)**, The handbook of data analysis, Paperback Edition. London: SAGE Publications Ltd.
- Holness G. V. (2006)**, Future direction of the design and construction industry" Building Inform". ASHRAE Journal, Vol. 48 : No. 8, pp. 38 - 46.
- Joannides M. M., Olbina S. and Issa R. R. (2012)**, Implementation of building information modeling into accredited programs in architecture and construction education. International Journal of Construction Education and Research, Vol. 8 : No. 2, pp. 83-100.
- Jung Y. and Joo M. (2011)**, Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction, Vol. 20 : No. 2, pp. 126-133.
- Kaiser H. F. (1974)**, An index of factorial simplicity. Psychometrika, Vol. 39 : No. 1, pp. 31-36.
- Karlshøj J. (2012)**, Not just CAD ++. BIM Journal, Vol. 3 : No. 28, pp. 39- 42.
- Kolpakov A. (2012)**, Green is good. BIM Journal, Vol. 3 : No. 30, pp. 49- 54.
- Ku K. and Taiebat M. (2011)**, BIM experiences and expectations: the constructors' perspective. International Journal of Construction Education and Research, Vol. 7 : No. 3, pp. 175-197.
- Larose D. T. (2006)**, Data mining methods and models, 1st Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Lavrakas P. J. (2008)**, Encyclopedia of Survey Research Methods. United States: SAGE Publications, Inc.
- Lee S., Yu J. and Jeong D. (2014)**, BIM acceptance model in construction organizations. Journal of Management in Engineering, Vol. 31 : No. 3, pp. 1- 13.
- Liu Y. and Salvendy G. (2009)**, Effects of measurement errors on psychometric measurements in ergonomics studies: Implications for correlations, ANOVA, linear regression, factor analysis, and linear discriminant analysis. Ergonomics, Vol. 52 : No. 5, pp. 499-511.
- Lorch R. (2012)**, BIM and the public interest. Building Research & Information, Vol. 40 : No. 6, pp. 643-644.
- Mandhar M. and Mandhar M. (2013)**, Biming the architectural curricula – integrating building information modelling (BIM) in architectural education. International Journal of Architecture (IJA), Vol. 1 : No. 1, pp. 1-20.
- McGraw-Hill Construction (2008)**, Building information modeling: transforming design and construction to achieve greater industry productivity; smart market report. New York: McGraw-Hill.
- Naoum S. G. (2007)**, Dissertation research and writing for construction students, 2nd Edition. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Nassar K. (2010)**, The Effect of Building Information Modeling on the Accuracy of Estimates. The sixth annual AUC research conference. Cairo: The American University, Available at: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPRT155002010.pdf> (Accessed: February 10, 2014).
- Sarno F. (2012)**, BIM integrated lifecycle management. BIM Journal, Vol. 3 : No. 29, pp. 43-48.
- Sebastian R. and Berlo L. v. (2010)**, Tool for benchmarking BIM performance of design, engineering and construction firms in the netherlands. Architectural Engineering and Design Management, Vol. 6 : No. 4, pp. 254-263.
- Sebastian R. (2011)**, Changing roles of the clients, architects and contractors through BIM. Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. 18 : No.2, pp. 176-187.
- Stanley R. and Thurnell D. (2014)**, The benefits of, and barriers to, implementation of 5d BIM for quantity surveying in new zealand. Australasian Journal of Construction Economics and Building, Vol. 14 : No. 1, pp. 105-117.
- Thomas S. J. (2004)**, Using web and paper questionnaires for data-based decision making from design to interpretation of the results. Mumbai, India: Corwin.
- Wang M. (2011)**, Building information modeling (BIM): site-building interoperability methods. Master thesis, Interdisciplinary Construction Project Management, Faculty of the Worcester Polytechnic Institute, U.S.A.
- Weygant R. S. (2011)**, BIM content development: standards, strategies, and best practices. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Zaiontz C. (2014)**, Factor analysis. Real statistics using Excel. Available at: <http://www.real-statistics.com/multivariate-statistics/factor-analysis/> (Accessed at March 20, 2015).

