

Impacto económico del uso de BIM en el desarrollo de proyectos constructivos: estudio de caso en Manizales (Colombia)

Economic impact of the use of BIM in the development of construction projects: A case study in Manizales (Colombia)

SALAZAR, Manuel [1](#); GALINDO, Jorge [2](#)

Recibido: 06/10/2017 • Aprobado: 05/11/2017

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

En el presente artículo se presenta una metodología general orientada a evaluar la manera en que el uso de plataformas BIM permite optimizar la información de un proyecto de construcción y reducir las pérdidas financieras. Se toma como estudio de caso el diseño un conjunto de viviendas en altura promovido por una empresa de mediana escala en una ciudad colombiana caracterizada por el crecimiento de la actividad edificadora durante los últimos años.

Palabras-Clave: BIM, empresas constructoras, proyecto constructivo, beneficios proyectuales

ABSTRACT:

This article show a general methodology aimed at evaluating the way in which the use of BIM platforms allows to optimize the information of a construction project and to reduce financial losses. It is taken as a case study the design a set of high-rise housing promoted by a medium-scale company in a Colombian city characterized by the growth of building activity in recent years.

Keywords: BIM, construction company, construction project, project benefits

1. Introducción

La actividad de la construcción es uno de los pilares claves en el fortalecimiento del PIB de Colombia, como lo demuestra el hecho de que en 2015, este sector creciera un 4,3% con relación al período inmediatamente anterior, lo cual se refleja en un notable incremento en el número de obras civiles, con un creciente nivel de complejidad, en medio de mercados cada vez

más competitivos y con altos estándares técnicos de exigencia (DANE, 2016).

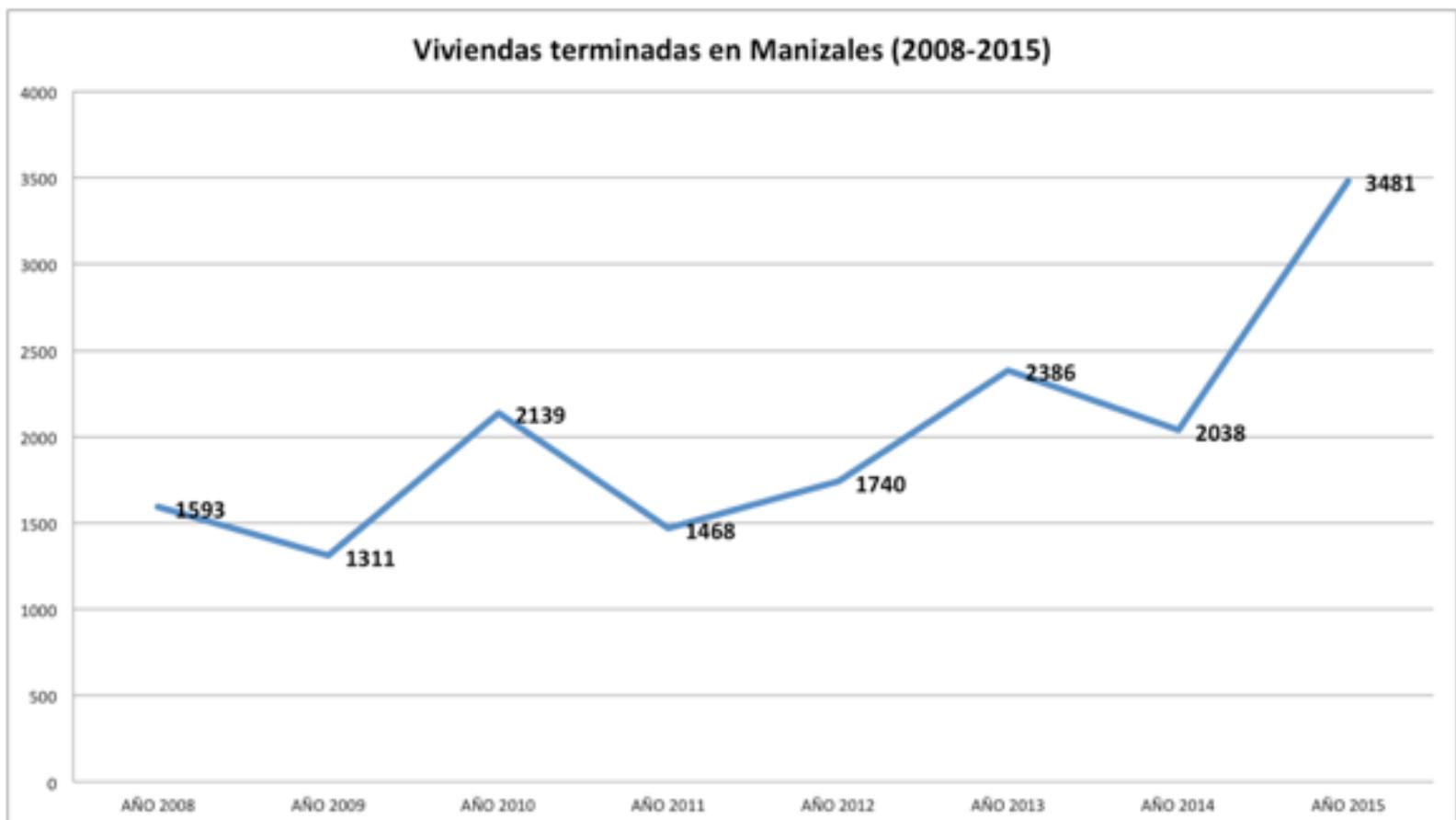
Sin embargo, tanto en Colombia (Mojica y Valencia, 2012) como en otros países latinoamericanos (Rojas, 2011), los métodos de diseño, administración y ejecución que convencionalmente utilizan las empresas constructoras se han mostrado inadecuados e ineficientes a causa de no contar, principalmente, con una metodología clara que permita la integración de los diferentes documentos que constituyen los proyectos técnicos a su cargo

En empresas de pequeña escala esta situación es aún más sensible pues no solo afecta su nivel de competitividad sino que incluso puede generar detrimentos financieros que ponen en riesgo su estabilidad en el mediano y largo plazo (Bryde, Broquetas y Volm, 2013). Aspectos como la elaboración de presupuestos y cronogramas de obra, aplicación de planes de seguridad de los operarios, prefabricación de elementos constructivos, integración de diferentes tipos de redes y análisis energético son algunos en donde esas pérdidas suelen ser de mayor valor e impacto, tanto para edificios de nueva planta como para intervenciones sobre lo ya construido (Volk, Stengel y Schultmann, 2014).

El presente artículo de investigación presenta una metodología orientada a cuantificar de manera precisa la manera en que estos problemas impactan sobre empresas medianas de la construcción y a partir de ello buscar una alternativa de solución mediante el uso de BIM (Building Information Modeling), sistema que con ayuda de varios programas informáticos interactuando en red, permite elaborar una pre – construcción virtual de los proyectos de edificación, simulando el proceso de ejecución y detectando interferencias entre sistemas y subsistemas, todo a partir de un principio de manejo eficiente de la información (Brito y Ferreira, 2015).

Se expone la investigación realizada a partir de un proyecto de vivienda ejecutado por una firma constructora afincada en una ciudad de Manizales, ubicada en la zona centro-occidental de Colombia, con un área de 477 km², una población de 361.422 habitantes y en donde se presentó durante el año 2015 un incremento del 70% en la construcción de vivienda en comparación con el inmediatamente anterior (Figura 1).

Figura 1
Número de viviendas terminadas
en Manizales período 2008-2015



Desde el punto de vista operativo, una primera etapa del estudio adelantó un seguimiento detallado al proceso constructivo de un proyecto de vivienda orientado a estratos de ingresos medios y se detectaron los capítulos de obra en donde un inadecuado manejo de información produjo sobrecostos y desajustes a la totalidad del proceso constructivo.

Finalmente, se realizó una modelación teórica del mismo proyecto en plataforma BIM, encontrando la manera en que los problemas pudieron ser previstos y precisando las diferencias en costo por ellos ocasionados y el uso de herramientas informáticas.

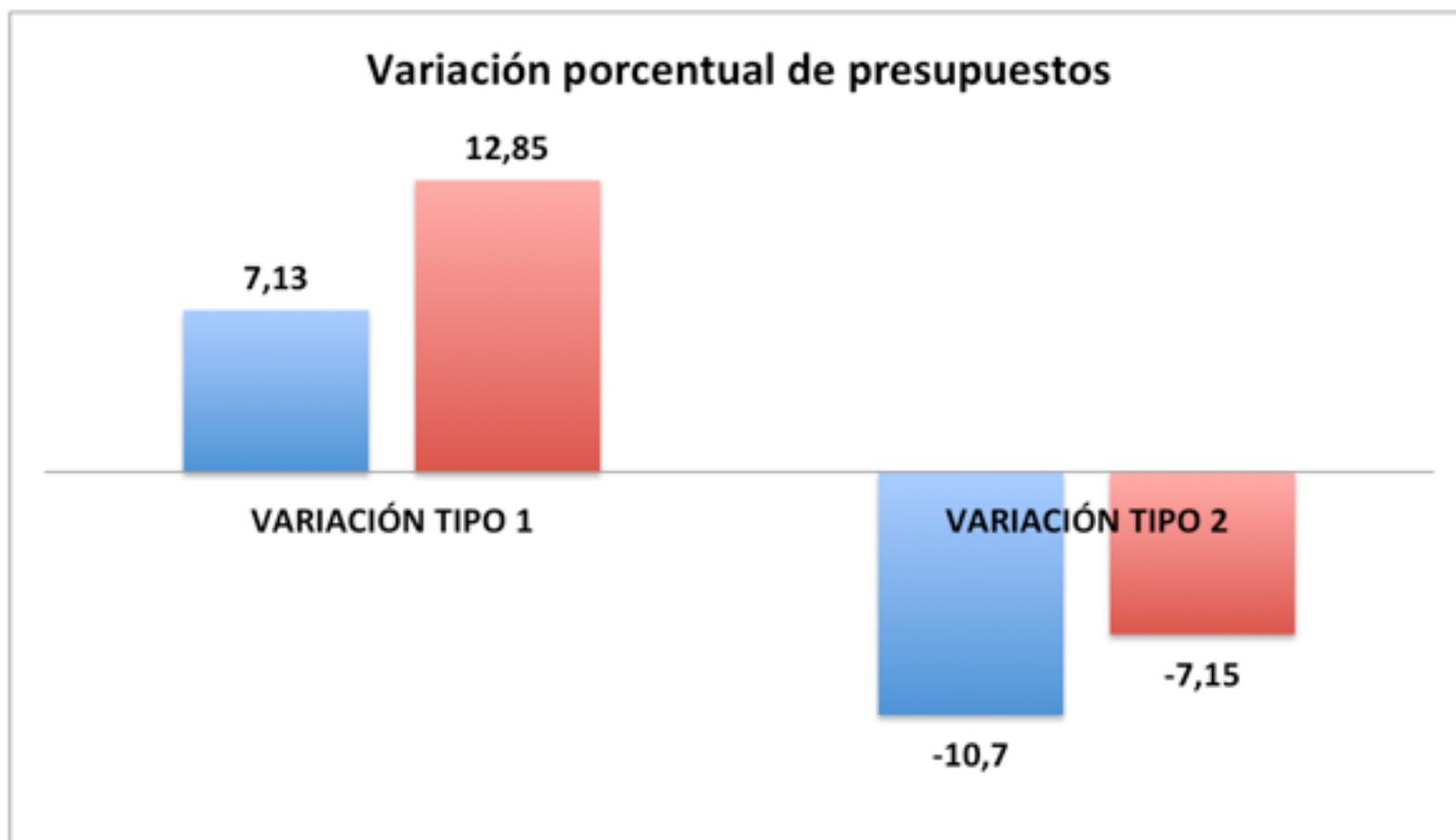
2. Metodología

2.1. Fase exploratoria

Inicialmente, para el caso particular de la ciudad de Manizales, se estudiaron cuatro presupuestos de obra (escogidos aleatoriamente) realizados al interior de diferentes empresas de distintas escalas de intervención, a fin de identificar las variaciones porcentuales presentadas entre los costos previos de la edificación y el valor real de los proyectos al término de la fase de construcción.

Se identificaron dos tipos de variaciones, ambas relacionadas con el tipo de empresa constructora en donde se realizó el proyecto. La variación Tipo 1 es la que demuestra un sobrecosto final en el proyecto y se presenta en empresas que poseen un sistema organizacional informal donde se desarrollan diseños de pequeña y mediana escala. Por su parte, la variación Tipo 2 demuestra un porcentaje de ahorro al término del proyecto y se presenta en constructoras con una estructura administrativa mucho más organizada y a cargo de proyectos de construcción de mayor escala y con procesos de ejecución más compartimentados.

Figura 2
Variación porcentual de los presupuestos de obra
en 4 empresas de la construcción de Manizales



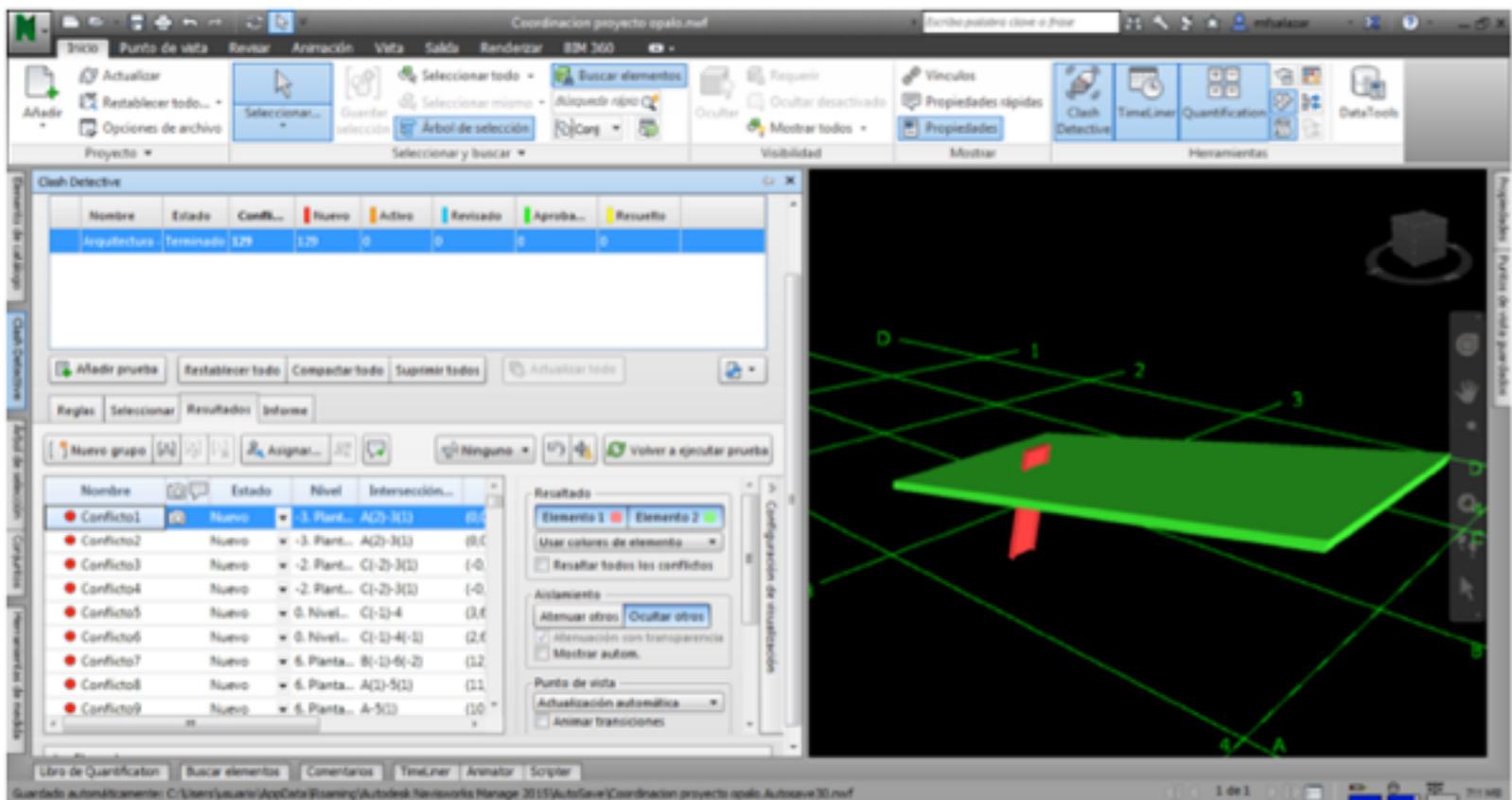
Fuente: elaboración propia.

2.2. Fase de seguimiento

Con el fin de realizar el seguimiento de los procesos constructivos y sus costos, se escogió el caso en donde se presentó la mayor variación negativa. Este correspondía a una empresa de tipo familiar, a cargo de un edificio de viviendas en altura (6 niveles y 24 soluciones habitacionales) diseñado a partir de un sistema estructural de muros en hormigón sobre una losa de transición que se apoya en dos niveles de estacionamientos concebidos en pórticos también de hormigón. El área total del proyecto era de 2.613,82 m².

La fase de seguimiento empezó por el análisis de la información del proyecto contenida en todos los planos, tanto arquitectónicos como de ingeniería y redes de instalaciones, así como el presupuesto detallado dividido en capítulos de obra. Acto seguido se procedió a realizar tres modelos independientes usando el software REVIT 2014: modelo arquitectónico, modelo estructural y modelo de instalaciones eléctricas. El propio software permite detectar interferencias constructivas entre cada uno de los modelos, las mismas que no fueron advertidas al constructor durante el proceso de ejecución (Figura 3).

Figura 3
Ejemplo de detección de interferencias visualizado en el software Navisworks 2015



Fuente: elaboración propia

Desde el inicio de las obras de construcción se hicieron visitas periódicas para inspección visual con especial cuidado en verificar las interferencias previamente detectadas. Adicionalmente se realizó un análisis del control presupuestal y se constató el costo de nuevos diseños, demoliciones y/o reparaciones, allí donde se presentaron interferencias constructivas, empleando para ello una ficha de registro con inclusión fotográfica (Figura 4). Cada ficha precisa la localización de la interferencia, su descripción y causa, así como el costo monetario invertido en subsanar la situación.

Figura 4
Ficha de seguimiento de interferencias entre sistemas de la edificación

CAMBIO O INCONSISTENCIA		FECHA:	FICHA NÚMERO:	014
LOCALIZACIÓN DE LA INCONSISTENCIA				
EJE HORIZONTAL:	C, D	PLANTA:	Primera	
EJE VERTICAL:	1, 2, 3,	NIVEL:	0.00	
DISCIPLINAS INVOLUCRADAS				
INST. HIDRO-SANITARIAS		ARQUITECTURA		
DESCRIPCIÓN DE LA INCONSISTENCIA				
Se cambió la ubicación del paso de ropas y la cocina con el salón social en el apartamento 301, por lo que fue necesario suspender la llave de paso que estaba en la zona de la cocina y se intersecta la acometida principal del apartamento para sacar la tubería hacia la nueva ubicación de dichos espacios.				
CAUSA DE LA INCONSISTENCIA				
Cambios en la etapa de construcción				
ACTIVIDADES NECESARIAS PARA SU SOLUCIÓN				
DESCRIPCIÓN	UN	CAN.	PRECIO UNIT.	COSTO PARCIAL
Tubería pvc presión de 1/2"	ML	6	\$ 4,725.00	\$ 28,350.00
Tubería pvc sanitaria de 2"	ML	6	\$ 29,327.00	\$ 175,962.00
Punto sanitario pvc de 2" (3 m)	UN	1	\$ 72,104.00	\$ 72,104.00
Demolición de concreto	M2	0.45	\$ 28,084.00	\$ 12,637.80
Concreto 3000 psi	M3	0.1	\$ 350,137.00	\$ 35,013.70
COSTO TOTAL DE INTERVENCIÓN				
			\$	324,067.50
TIEMPO DE EJECUCIÓN				
8.00 horas				

Fuente: elaboración propia.

2.2. Fase de control y análisis de resultados

Al término de la construcción se hizo una recopilación, comparación y análisis de las interferencias presentadas durante la fase de ejecución a fin de cuantificarlas y medir su peso porcentual dentro del costo global de la edificación.

3. Resultados

3.1. Interferencias teóricas

En el curso de la investigación se denominaron "interferencias teóricas" a aquellas que se presentaron entre los modelos mediante el uso de la herramienta "Clash Detective" del programa Autodesk Navisworks 2015. Se denominan teóricas porque después de tener la lista de interferencias que arrojó el programa, se pudo verificar que no requerían una solución técnica complicada y que en el proceso de ejecución de la obra se pudieron cambiar sin tener un alto impacto dentro del presupuesto.

Después de realizar la detección de interferencias en el programa Autodesk Navisworks 2015, él permite exportar un informe detallado en donde se muestran visualmente los elementos en conflicto, la ubicación exacta dentro del proyecto e identifica cuáles son los dos elementos que están involucrados en el problema.

La detección de interferencias se realizó respondiendo a la relación de los modelos con el desarrollo del proceso constructivo que tuvo la obra, teniendo entonces una primera detección entre el modelo estructural y el modelo eléctrico, y una segunda detección entre el modelo estructural y el modelo arquitectónico. Cabe resaltar que no se pudo realizar un modelo hidrosanitario porque no se contaba con la documentación técnica al iniciar la obra ni en su proceso de ejecución, por lo que no fue posible realizar ningún tipo de detección de interferencias relacionadas con esta disciplina.

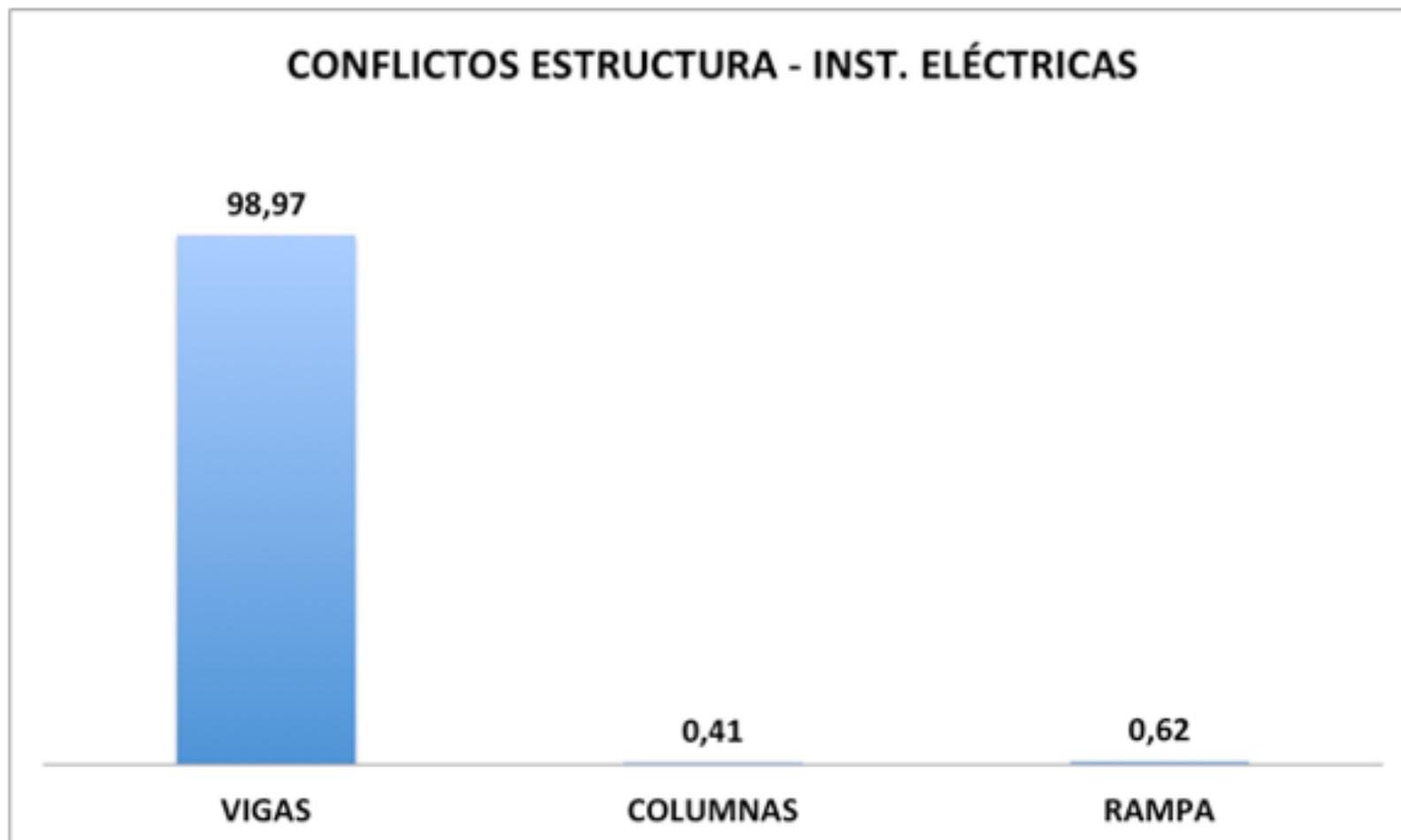
A continuación una relación de las interferencias más importantes encontradas entre los subsistemas de la edificación.

3.1.1. Interferencias entre el modelo estructural y el modelo eléctrico

Entre estos dos modelos se presentaron 487 interferencias en total. En el caso del modelo

estructural se evidencia claramente que el elemento con mayor incidencia dentro de las interferencias fueron las vigas con un 98.97% (Figura 5), que por su forma predominantemente horizontal entra en conflicto con elementos de naturaleza vertical como son las tuberías de instalaciones.

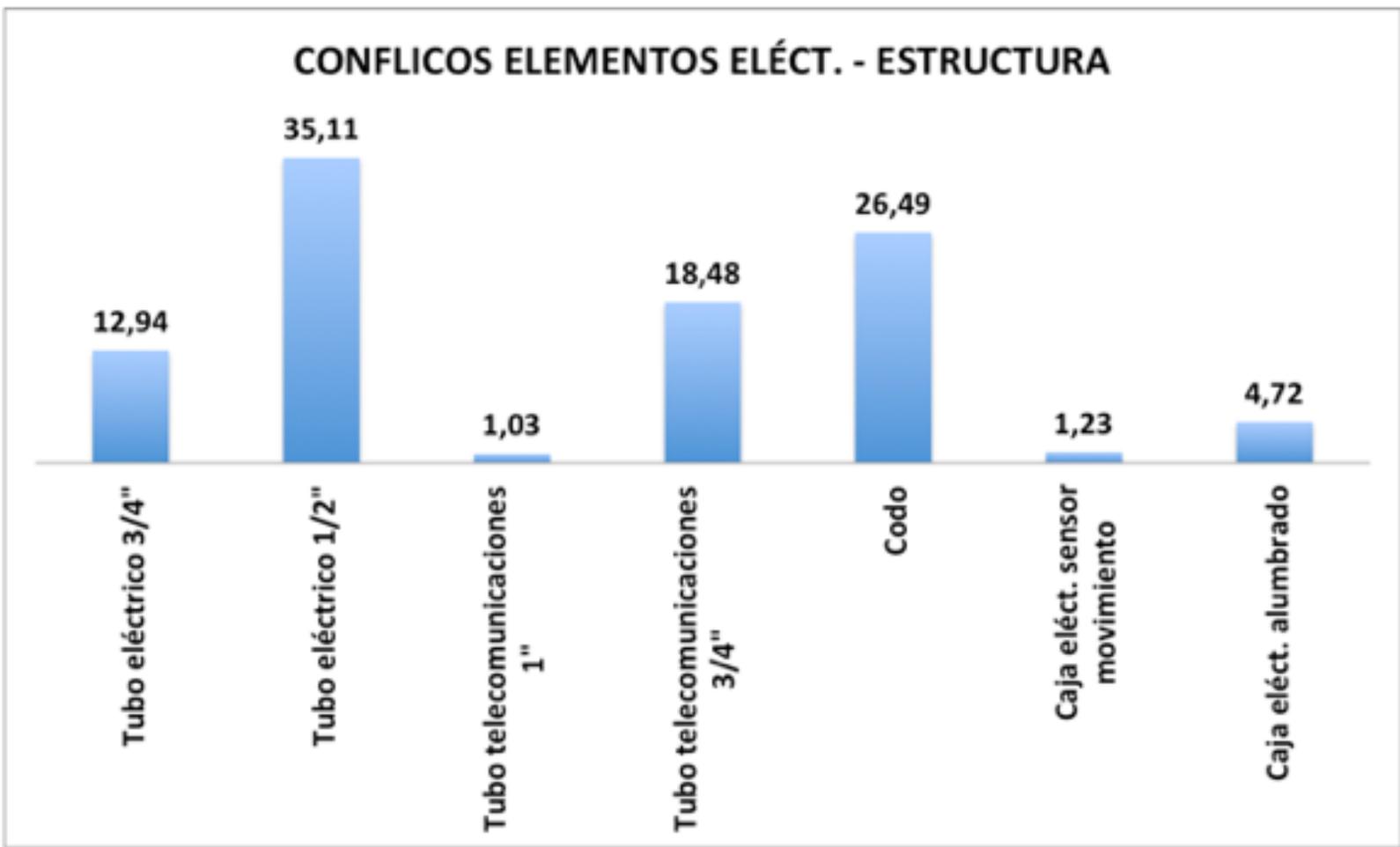
Figura 5
Porcentaje de elementos estructurales
en conflicto con elementos eléctricos



Fuente: elaboración propia

Así, en el modelo eléctrico tuvieron una mayor incidencia elementos como los tubos de diámetro 1/2" con un 35,11%, seguido por las piezas de cambio de dirección (codos) con un 18,60%, los tubos de telecomunicaciones de diámetro 3/4" con un 18,48% y los tubos eléctricos de diámetro 3/4" con un 12,94% (Figura 6).

Figura 6
Porcentaje de elementos eléctricos en
conflicto con elementos estructurales

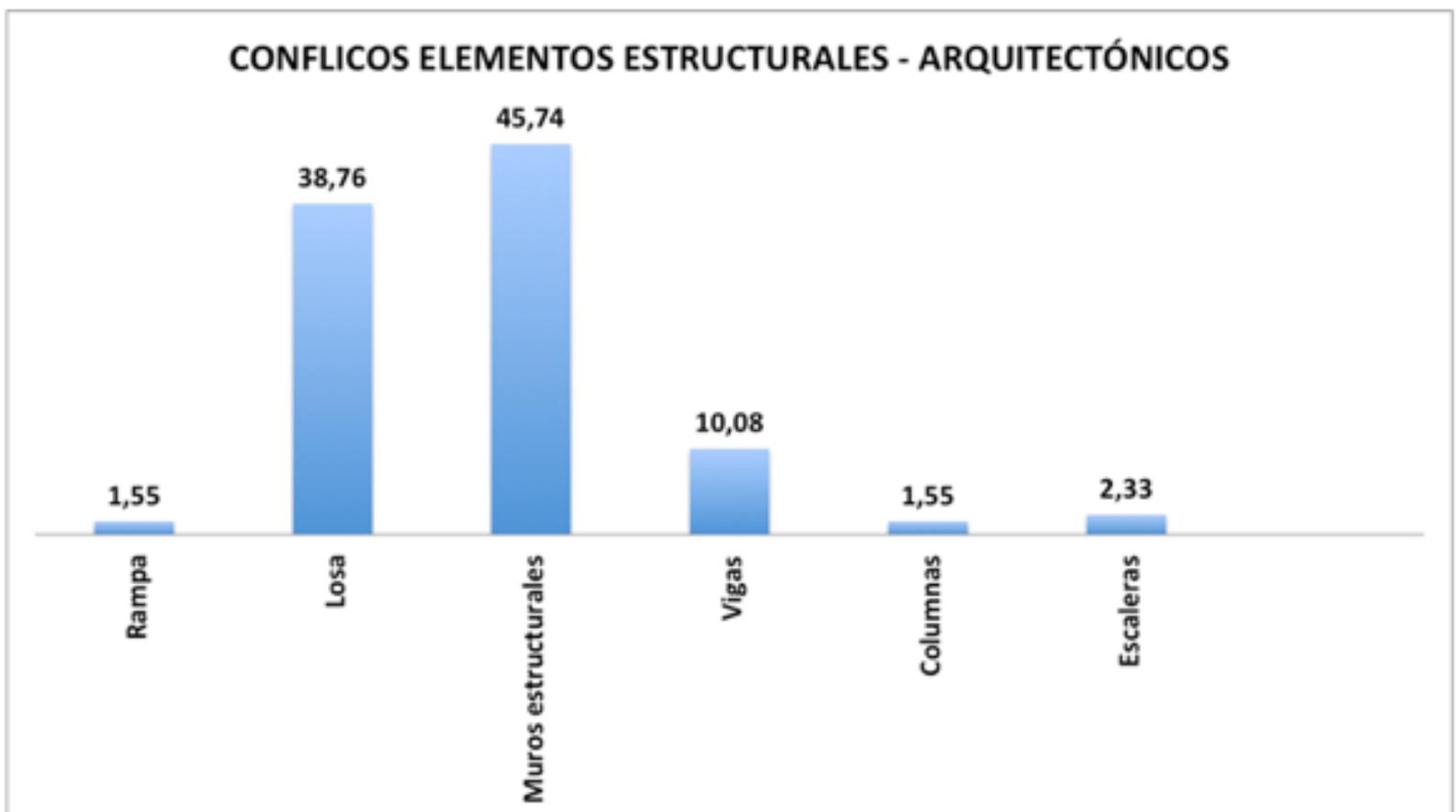


Fuente: elaboración propia

3.1.2. Interferencias entre el modelo estructural y el modelo arquitectónico

Entre estos dos modelos se presentaron 129 interferencias en total. En el caso del modelo estructural los elementos que se repitieron un mayor número de veces en las interferencias fueron los muros estructurales con un 45,74%, seguidos por las losas con un 38,76% (Figura 7).

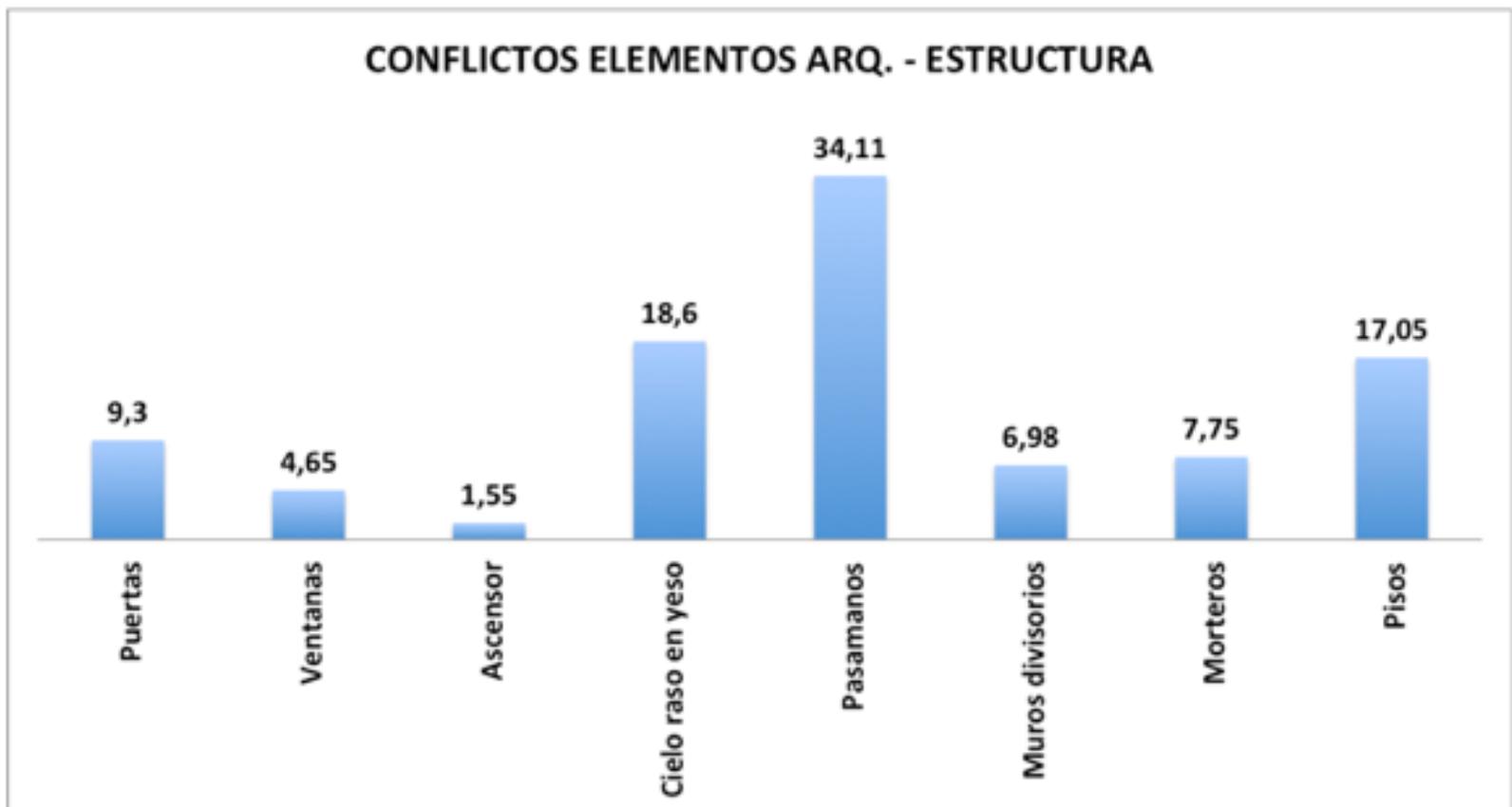
Figura 7
Porcentaje de elementos estructurales en conflicto con elementos arquitectónicos



En cuanto al modelo arquitectónico tuvieron una mayor incidencia elementos como las barandas con un 28,68%, seguido por los cielo rasos en yeso con 18,60% y los pisos con un 17,05% (Figura 8).

Figura 8

Porcentaje de elementos arquitectónicos en conflicto con elementos estructurales



Fuente: elaboración propia.

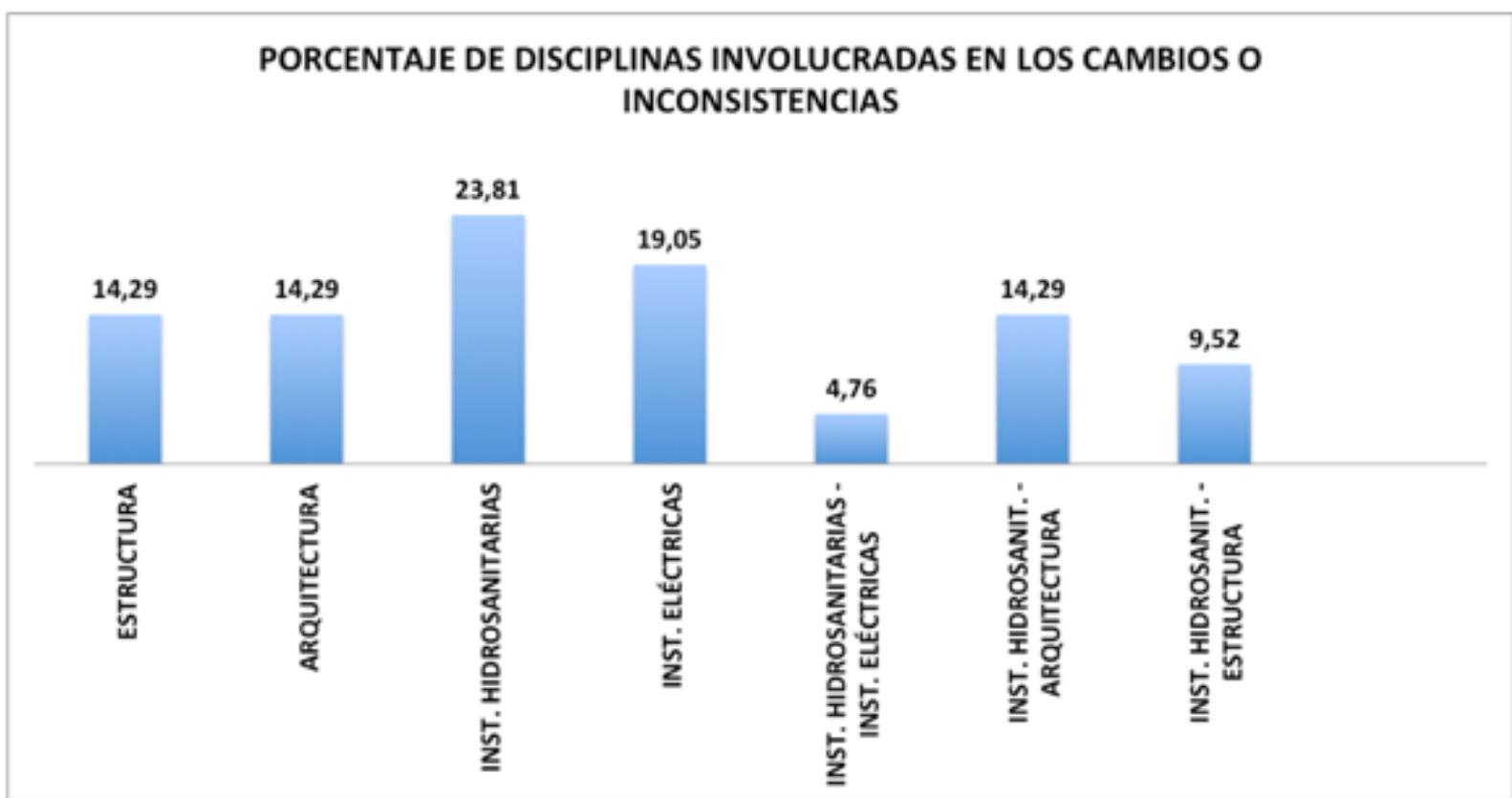
3.2. Interferencias en obra

El seguimiento de obra se hizo hasta que la obra terminó completamente el capítulo de estructura, lo que permitió encontrar 21 cambios o inconsistencias durante el proceso de ejecución de la misma. Cabe resaltar que aunque todas se hubieran podido evitar mediante la implementación de la metodología de trabajo BIM, estas inconsistencias son diferentes a las que se presentaron en las "interferencias teóricas", pues fueron medidas y cuantificadas de manera tangible en la obra. En total los 21 cambios tuvieron un costo adicional de \$ 4'640.266 pesos colombianos (USD 1.550) y se invirtieron 54,66 horas más para ejecutar las actividades para realizar dicha intervención.

De todas las disciplinas involucradas en los cambios o inconsistencias presentados en obra, las instalaciones hidrosanitarias (de manera independiente) tuvieron un mayor impacto con un 23,81%, pero también tuvieron un impacto alto compartido con los elementos de arquitectura con un 14,29%, un 9,52% compartido con elementos estructurales y un 4,76% compartido con las instalaciones eléctricas. Luego se sitúan las instalaciones eléctricas con un 19,05% y las disciplinas de estructura y arquitectura cada una con 14,29% (Figura 9).

Figura 9

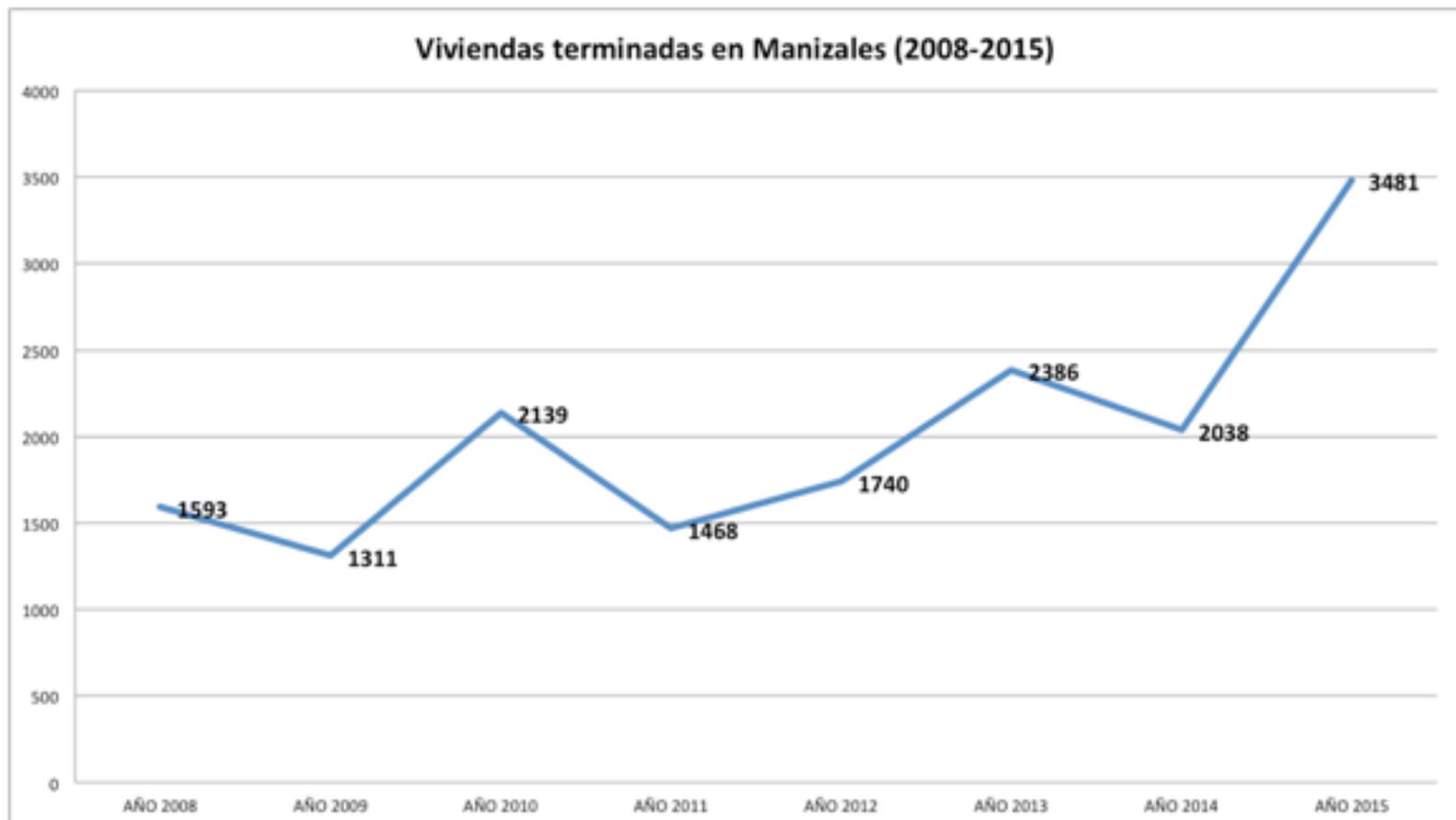
Porcentaje de disciplinas involucradas en los cambios o inconsistencias



Fuente: elaboración propia

En cuanto a las causas de tales interferencias, se estableció que la mayor parte de los cambios o inconsistencias que se presentaron en la obra estaban asociados a problemas de diseño con un 61,9% del total de las causas, seguido en menor porcentaje por los cambios en la etapa de construcción con un 28,57% (Figura 10).

Figura 10
Causas de los cambios o inconsistencias



Fuente: elaboración propia

3.3. Verificación presupuestal

Para poder realizar la verificación del presupuesto inicial con los modelos realizados para la investigación, se tomaron los 4 primeros capítulos con mayor porcentaje que pudieran presentar variaciones asociadas al tema de cuantificación. Teniendo en cuenta la información suministrada por la empresa constructora, los capítulos verificados fueron: cimientos, estructuras, instalaciones eléctricas y pisos (Tabla 1).

Tabla 1
Porcentaje de incidencia presupuesta de los capítulos de obra del caso de estudio.

	Capítulo	Valor total	Porcentaje
1	Preliminares	\$ 19,656,888	0.87
2	Movimiento de tierras	\$ 32,442,215	1.44
3	Cimientos	\$ 168,594,964	7.48
4	Estructuras	\$ 873,669,772	38.77
5	Mampostería	\$ 8,436,555	0.37
6	Cubiertas y cielo rasos	\$ 15,677,417	0.70
7	Instalaciones subterráneas	\$ 4,453,861	0.20
8	Instalaciones sanitarias	\$ 36,312,554	1.61
9	Instalaciones hidráulicas	\$ 24,800,756	1.10
10	Instalaciones eléctricas	\$ 131,524,064	5.84
11	Pisos	\$ 168,676,908	7.48
12	Enchapes y accesorios	\$ 19,535,954	0.87
13	Aparatos sanitarios	\$ 49,100,185	2.18
14	Carpintería metálica	\$ 80,514,004	3.57
15	Carpintería de madera	\$ 188,679,166	8.37
16	Equipos especiales	\$ 163,642,309	7.26
17	Obras exteriores	\$ 34,509,987	1.53
18	Remates, estuco y pintura	\$ 113,460,417	5.03
19	Personal de obra	\$ 74,660,801	3.31

20	Imprevistos	\$ 45,200,000	2.01
	Total	\$ 2,253,548,777	100

Fuente: elaboración propia

Como ya se mencionó, en el caso del proyecto de estudio los cambios que se presentaron en obra tuvieron un costo adicional de \$ 4,640,266 pesos colombianos (USD 1.550), es decir, produjeron un incremento del 0,21% frente al presupuesto inicial. Sin embargo, tras realizar la verificación de las cantidades extraídas de los modelos con las cantidades suministradas por la empresa constructora de los capítulos de cimientos, el de estructuras, el de instalaciones eléctricas y el de pisos, se presentó una variación de \$ 63'766,278 pesos colombianos (USD 21.255) desde el principio del proyecto, produciendo así una variación del 2,83% frente al costo que se tenía previsto para la ejecución del proyecto.

La diferencia se produce por las economías aplicadas en las etapas finales de la construcción mediante una reducción de la calidad de las especificaciones.

3.4. Costo de implementación de metodología BIM

Aunque este tipo de metodología de trabajo no es muy usada en el sector de la construcción colombiana, existen algunas empresas que ya están empezando a encaminarse en su implementación en el proceso de diseño y ejecución de los proyectos constructivos. Sin embargo, al no tener reglamentado en el país el tema económico y legal, el precio final de implementación se debe deducir tomando como referencia la experiencia que dichas empresas han tenido en el desarrollo de otros proyectos con este tipo de metodología.

Lo primero que se debe cobrar es el modelado de todas las disciplinas para poder realizar la implementación completa de la metodología al proyecto. El costo del modelado se encuentra entre los USD 1,5 y USD 2, es decir, unos \$ 6,000 pesos colombianos aproximadamente por cada metro cuadrado.

También se tendría que determinar un valor por cada actualización o un valor general y un número máximo de actualizaciones de los modelos, ya que si no se establece claridad sobre ello el cliente podría llegar a solicitar demasiadas actualizaciones, lo que dificultaría una implementación exitosa de la metodología. En todo caso un solo proceso de actualización de los modelos costaría aproximadamente \$ 1.000 (USD 0,33) por metro cuadrado.

Teniendo los modelos con toda la información y las especificaciones dadas por los especialistas de cada una de las disciplinas, se procede entonces a realizar el proceso de coordinación y documentación técnica del proyecto, es decir, la cuantificación por capítulo para realizar el presupuesto y la elaboración de los planos para la ejecución de la obra libre de cualquier interferencia. Este proceso tiene un valor aproximado de \$ 3,000 pesos colombianos (USD 1) por metro cuadrado.

En la obra deberá permanecer como residente una persona que deberá estar capacitado en el manejo de los modelos y que tenga conocimientos sobre la implementación de la metodología de trabajo en el proceso constructivo, quien tendrá la responsabilidad de verificar que el proyecto de este ejecutando conforme a los modelos de cada una de las disciplinas. El valor del salario mensual para una persona con estas capacidades esta aproximadamente en \$2,500,000 de pesos colombianos (USD 833), sin embargo en el caso particular del proyecto estudiado no se tendrá en cuenta este valor dado que ya el proyecto contaba con un residente y su costo se había contemplado inicialmente. En el momento de implementar esta metodología para un proyecto constructivo el residente con conocimientos de la metodología BIM reemplazaría el residente que normalmente es utilizado en la ejecución de obra bajo el sistema tradicional.

Se deberán realizar reuniones periódicas con el cliente y si es posible, con los especialistas

encargados del proyecto, con el fin de verificar el avance de la ejecución de la obra siguiendo los lineamientos y objetivos especificados al iniciar el proceso de implementación. Estas asesorías las realizará un experto en BIM mínimo 1 vez a la semana durante el período de tiempo que sea necesario para poder implementar la metodología de trabajo satisfactoriamente, realizando un seguimiento completo del proceso y teniendo la posibilidad de determinar si es necesario tener ajustes en la implementación durante el período de ejecución de la obra. Cada una de estas asesorías tendría un costo aproximado de \$200,000 pesos colombianos (USD 66,67).

Teniendo en cuenta la información mencionada anteriormente, la implementación de este tipo de metodología de trabajo en el proyecto de construcción objeto de estudio tendría un valor aproximado de \$ 32,889,300 pesos colombianos (USD 10.963) (Tabla 2).

Tabla 2
Costo de implementación metodología BIM
en el proyecto de construcción analizado.

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor parcial
Modelo de todas las disciplinas	m2	2,626.30	\$ 6,000	\$ 15,757,800
Actualización de los modelos (2)	m2	2,626.30	\$ 2,000	\$ 5,252,600
Coordinación y documentación técnica	m2	2,626.30	\$ 3,000	\$ 7,878,900
Asesoría experto BIM	un	20	\$ 200,000	\$ 4,000,000
			Total	\$ 32,889,300 (USD 10.963)

Fuente: elaboración propia

De esta manera, al comparar los USD 21.255 que cuestan los sobrecostos del proyecto con los USD 10.963 que es el valor estimado de aplicar metodologías BIM, se deduce claramente la ventaja financiera de esto último.

4. Conclusiones

Si bien existe la idea preconcebida que el costo de adopción de la metodología de trabajo haciendo uso de BIM puede ser el principal obstáculo en empresas del sector de la construcción medianas y pequeñas, el análisis llevado a cabo demuestra lo contrario. Además de la inversión inicial que se debe hacer en la adquisición de software y hardware con características especiales para el flujo de trabajo, también se debe considerar el valor de la conectividad a un servidor lo bastante potente como para el flujo de información y el respaldo de copias de seguridad. Dependiendo del tamaño del proyecto también se debe contemplar la posibilidad de generar puestos de trabajo adicionales para cumplir con la nueva carga que la metodología demanda.

Desde el punto de vista organizacional, el uso de metodologías BIM requiere que todos y cada uno de los miembros del equipo abandonen los planes de trabajo individual específicos de la disciplina o de la oficina particular de diseño para acogerse ahora a normas y reglas estrictas en el equipo, lo que en una etapa inicial puede afectar la eficacia y el resultado final del proyecto.

A las ventajas financieras, al menos para empresas de la construcción de pequeña y mediana escala, deben considerarse las ventajas en competitividad y posibilidades de crecimiento.

Referencias bibliográficas

- Brito, D. y Ferrerira, E. (2015). Avaliação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. *Ambiente construido*, 15(4), 203-223.
- Bryde, D., Broquetas, M. y Volm, J.M. (2013). The project benefits of Building Information. *International Journal of Project Management*, 31, 971-980.
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2016). Boletín técnico: cuentas trimestrales. Colombia Producto Interno Bruto (PIB), cuarto trimestre de 2015. Recuperado de: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Ivtrim15_oferta.pdf
- Mojica, A., y Valencia, D. F. (2012). *Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., Colombia.
- RCCCV – Red colombiana de ciudades cómo vamos (2015). *Informe de calidad de vida Manizales 2016*. Recuperado de: http://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2016/08/ICV_2016-1.pdf
- Rojas, R. (2011). Building Information Modeling - BIM. *Red Interamericana de centros de innovación en la construcción*, 1(5), 1-11.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109-127.
-

1. MSc. en Construcción, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. E-mail: mfsalazaral@unal.edu.co
 2. PhD. en Arquitectura. Profesor Titular de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. E-mail: jagalindod@unal.edu.co
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 07) Año 2018

[Index]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • ®Derechos Reservados