

**ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN LA
ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN DE
INTERSECCIONES VIALES. CASO DE ESTUDIO: INTERCAMBIADOR
POSTOBON, BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

**DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS
CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

**ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN LA
ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN DE
INTERSECCIONES VIALES. CASO DE ESTUDIO: INTERCAMBIADOR
POSTOBON, BARRANCABERMEJA, SANTANDER.**

**DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS
CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
OMAR GIOVANNY SÁNCHEZ RIVERA
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

Dedicamos la realización de este trabajo de grado y los logros obtenidos con éste, primero a Dios por llenarnos de sabiduría, guiarnos en nuestros caminos y regalarnos la salud para lograrlo.

A nuestros padres y familiares, pues fueron ellos quienes nos dieron todo su apoyo y nos motivaron a esforzarnos desde los inicios de nuestros estudios para formarnos como profesionales y nos acompañaron en los momentos más relevantes de la carrera.

DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS
CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

1. A Dios por brindarnos esta gran oportunidad de vida y por permitirnos llegar a estas instancias de nuestra carrera.
2. A nuestro Director de Proyecto el Ingeniero Omar Giovanni Sánchez Rivera por su colaboración, asesorías, revisión y tiempo durante la elaboración de esta investigación.
3. Al grupo de Investigación Geomática por el préstamo de sus instalaciones y el suministro de información necesaria para el desarrollo de este trabajo como también al diplomado de Modelado y Gestión de la Construcción por los conocimientos adquiridos que nos permitieron desarrollar con más facilidad esta investigación.
4. A las personas y compañeros que, de una u otra forma, colaboraron o participaron con sus conocimientos en la realización de este trabajo.

DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS
CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. MARCO TEÓRICO	19
3.1. PRESUPUESTO	19
3.1.1. Análisis de precios unitarios.....	19
3.2. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN	19
3.3. TECNOLOGÍAS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	20
3.4. VARIABLES PARA LA MEDICIÓN DEL IMPACTO DE BIM.....	20
3.4.1. Cantidades de Obra	21
3.4.2. Inconsistencias en planos	¡Error! Marcador no definido.
3.4.3. Retroalimentación y actualización flexible.....	21
3.4.4. Visualización de la información del proyecto.....	21
3.4.5. Precisión en las actividades de obra.....	21
4. CASO DE ESTUDIO	22
5. METODOLOGÍA	23

5.1.	DESARROLLO DEL MODELO BIM.....	23
5.2.	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA CON EL MODELO BIM 3D	24
6.	RESULTADOS.....	25
6.1.	DESARROLLO DEL MODELO BIM.....	25
6.2.	CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA CON EL MODELO BIM 3D	31
6.3.	PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN	33
7.	DISCUSIÓN O RECOMENDACIONES	35
7.1.	CANTIDADES DE OBRA	35
7.2.	INCONSISTENCIAS EN PLANOS.....	35
7.3.	RETROALIMENTACIÓN Y ACTUALIZACIÓN FLEXIBLE	36
7.4.	VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO	36
7.5.	PRECISIÓN EN LAS ACTIVIDADES DE OBRA.....	37
8.	CONCLUSIONES	38
	REFERENCIAS	¡Error! Marcador no definido.
	BIBLIOGRAFÍA.....	41

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Caso de Estudio: Intercambiador Postobón. Intersección entre calles 34, 61 y diagonal 60.	22
Figura 2. Metodología Aplicación de BIM al Intercambiador Postobón.....	23
Figura 3. Intersección entre diagonal 60, calle 63 y calle 65.	25
Figura 4. Intersección entre calle 60, carrera 32.....	26
Figura 5. Intersección entre calle 61, calle 34, carrera 34.	26
Figura 6. Sector conocido como paso nivel.	27
Figura 7. Modelo BIM diseño estructural Box Coulvert y canal abierto del caso de estudio.	27
Figura 8. Modelo BIM diseño red de alcantarillado del caso de estudio.	28
Figura 9. Inconsistencia de cotas del Box Coulvert por encima de la vía en la calle 34 del caso de estudio.	30
Figura 10. Interferencia de bolardos con sumideros diseñados en planos hidráulicos en la carrera 34 del caso de estudio.	30
Figura 11. Interfaz de usuario del software Autodesk Revit.....	33

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Causas de modificación en los diseños, determinadas con el modelo BIM 3D del caso de estudio.	29
Tabla 2. Cantidades de obra del caso de estudio, obtenidas con el método tradicional y con el modelo BIM.	32
Tabla 3. Costos directos estimados con los métodos tradicional 2D y modelo BIM del caso de estudio.	34

RESUMEN

TÍTULO:

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM EN LA ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN DE INTERSECCIONES VIALES. CASO DE ESTUDIO: INTERCAMBIADOR POSTOBON, BARRANCABERMEJA, SANTANDER.*

AUTORES:

DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS

CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN**

PALABRAS CLAVE:

BUILDING INFORMATION MODELING, PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN, CANTIDADES DE OBRA, INTERSECCIONES VIALES.

DESCRIPCIÓN:

Las tecnologías BIM (Building Information Modeling), son un proceso en el que se almacena la información de construcción mediante modelamiento en 3D asistido por software. En Colombia, no se frecuenta promovido por el insignificante respaldo que se les da a las instituciones para realizar investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Entre los aportes y ventajas que brinda las tecnologías BIM como lo son: La detección de interferencias e inconsistencias en los modelos BIM, el seguimiento en el proceso de construcción y la integración de la información del proyecto en una única base de datos; permite prever errores que a futuro pueden significar sobrecostos en las obras de infraestructura vial.

En la realización de esta investigación se implementa el uso de software BIM para el desarrollo del modelo 3D y se obtienen variables importantes como las cantidades de material, inconsistencia en planos, entre otras; luego, se calcula el presupuesto de construcción elaborado con BIM para ser comparado con el método tradicional. El objetivo principal es estudiar el impacto de la utilización de tecnologías Building Information Modeling (BIM) en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales frente al método tradicionalmente usado, partiendo de dibujos en dos dimensiones (2D) como información inicial. El caso de estudio es el Intercambiador Postobón del Municipio de Barrancabermeja, Santander.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Omar Giovanni Sánchez Rivera, Ingeniero Civil.

ABSTRACT

TITLE:

STUDYING THE IMPACT OF USING BIM TECHNOLOGIES FOR CONSTRUCTION BUDGET OF ROADS INTERSECTIONS. CASE STUDY: INTERCHANGER POSTOBÓN, BARRANCABERMEJA, SANTANDER.*

AUTHORS:

DIANA PAOLA CAVIEDES CARDENAS

CRISTIAN ANDRES GOMEZ BELTRAN**

KEYWORDS:

BUILDING INFORMATION MODELING, BUDGETS OF CONSTRUCTION, QUANTITIES OF WORK, ROAD INTERSECTIONS.

DESCRIPTION:

The BIM (Building Information Modeling) technology is a process in which information is stored by building 3D modeling software assisted. In Colombia, it is haunted not promoted by the insignificant support that is given to institutions for research and development of new technologies. Between the contributions and advantages that it offers the technologies BIM like it they are: The detection of interferences and inconsistencies in the models BIM, the follow-up in the process of construction and the integration of the information of the project in the only database; it allows to foresee mistakes that to future can mean extra charges in the works of road infrastructure.

In the accomplishment of this investigation there is implemented the use of software BIM for the development of the model 3D and important variables are obtained as the quantities of material, inconsistency in planes, between others; then, there is calculated the budget of construction elaborated with BIM to be compared with the traditional method. The principal aim is studies the impact of the utilization of technologies Building Information Modeling (BIM) in the budgeting construction of road intersections opposite to the traditionally secondhand method, departing from drawings in two dimensions (2D) as initial information. The case of study is the Interchanger Postobón of Barrancabermeja's Municipality, Santander.

* Degree work

** Faculty of Engineering Physics and Mechanical. School of Civil Engineering. Director: Omar Giovanni Sanchez Rivera, Civil Engineer.

INTRODUCCIÓN

El presupuesto de construcción es un factor importante a la hora de ejecutar un proyecto constructivo, puesto que, con él se quiere principalmente, predecir una cifra en dinero de lo que costará el mismo, éste valor está basado en el precio de los materiales, las herramientas, la mano de obra, el transporte, entre otras actividades que son requeridas para realizar el proyecto [8-16].

Sin embargo, los errores en las mediciones, precios mal justificados y condiciones de ejecución inadecuadas, son algunos de los problemas que están ligados al mismo cálculo del presupuesto, de donde se tienen inconvenientes en la baja precisión de su estimación, siendo este un indicador porcentual positivo o negativo, que muestra la diferencia entre la variación del costo final del proyecto y el costo objetivo que se planificó para el mismo [11]. Cabe resaltar que este problema no es solo un asunto de nivel nacional, las inconsistencias en los presupuestos de construcción se vienen presentando a menudo en otros países de América y Europa. Según el estudio “correcting the course of capital projects”, realizado a nivel mundial por PwC (Price Waterhouse) a 33 proyectos de construcción [11], se determinó que el 36.4% de los proyectos presentan sobrecostos y que el 6.1% se encuentran por debajo del presupuesto de construcción, datos que permiten valorar los problemas mencionados anteriormente.

En Colombia, los sobrecostos en la contratación pública son el principal problema de las obras de infraestructura vial, entre otras; artículos periodísticos se han enfocado en resaltar la falta de previsión por parte del Estado en la adjudicación de las obras, debido a los cabos sueltos que se dejan y que finalmente generan sobrecostos en el presupuesto. Es necesaria, una verdadera planificación integral que garantice la funcionalidad del servicio a brindar, y que considere un sano proceso de factibilidad, diseño y construcción, carente de situaciones que no sean realmente justificables e imprevisibles [14].

Una solución a los inconvenientes en los cálculos de presupuesto de construcción, es incluir en los diseños un modelado en tres dimensiones (3D) de cada uno de los elementos que conformen el proyecto a construir, integrándose al mismo la información de presupuesto. Precisamente un modelo BIM (Building Information Modeling), cumple con las expectativas de visualizar todo en un único modelo, en el que se representa cada una de las dimensiones por donde se quiera observar un componente, de la misma forma, permitirle al usuario una mejor interacción con el proyecto, obteniendo como resultado una mejora en los cálculos de cantidades y una precisión en el presupuesto final.

En la actualidad, BIM es aplicado en diferentes campos de la ingeniería y la construcción [20], gracias a las soluciones que ofrece a necesidades de coordinación y productividad, a través de modelos geométricos en 3D contenidos en una misma base de datos, con información vital para el desarrollo del proyecto; dicha información está a disposición de cualquiera de las partes encargadas del

proyecto, para ser manipulada y modificada con la posibilidad del trabajo colaborativo desde distintas ubicaciones geográficas [13].

En la presente investigación se estudian los beneficios de utilizar las tecnologías BIM, para elaborar presupuestos de construcción en proyectos de infraestructura vial, esto frente al método tradicional usado. El caso de estudio es el intercambiador vial de Postobón ubicado en el municipio de Barrancabermeja, Colombia. Para esto, se realizó modelos en tres dimensiones (3D), con ayuda de tecnologías BIM y se determina una serie de variables que sirven como medida del impacto de su aplicación, luego, se obtienen cantidades de obra para el cálculo del presupuesto, del que se hará comparación frente al método tradicional. Por último, se realiza un análisis de resultados y se procede a concluir sobre el impacto de BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía del sitio, a las características geométricas de las carreteras que se cruzan y a las condiciones de su flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, los ingenieros con su creatividad y buen juicio, podrán proponer las alternativas que consideren adecuadas y más convenientes para las condiciones particulares del proyecto, entre estas se debe tener en cuenta los costos de la obra y seleccionar la que más se ajusta al monto destinado para el proyecto.

La importancia del presupuesto de obra de un proyecto de construcción es significativa, teniendo en cuenta que es el documento básico que establece el marco económico para la ejecución de las obras. De los valores conseguidos, saldrán los precios que competirán con otros licitantes y harán, ganar o perder la adjudicación y en el peor de los casos, causar pérdidas económicas en la ejecución de la obra.

En la mayoría de casos el presupuesto estimado para la ejecución de proyectos no se puede prever con precisión, por lo que se ven alterados los diseños geométricos, el recorte de personal, endeudamiento y posiblemente el cierre de la obra. Lo anterior, hace que los directores de obras no sean efectivos y consecuentes con la ejecución del proyecto.

Las tecnologías denominadas BIM, por sus siglas en inglés, “Building Information Modeling” son un proceso en el que se almacena la información de construcción mediante modelamiento en 3D asistido por software, estas tecnologías permiten hacer un trabajo en tiempo real con el fin de optimizar cantidades de material, tiempo y rendimiento beneficiando así al usuario en el manejo de los recursos. En Colombia no se frecuenta el uso de tecnologías BIM, esto promovido por el insignificante respaldo que se les da a las instituciones para realizar investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.

La precisión en la elaboración de presupuestos de construcción se encuentra estrechamente ligada a la consulta e interpretación de la información de construcción, en la actualidad, la mayoría de los presupuestos de obra son elaborados con base en información consultada en dibujos en dos dimensiones, lo que resulta un ambiente propicio para el error humano. Un modelo BIM actúa como una base de datos digital donde es posible almacenar, integrar, gestionar y consultar la información de construcción, por lo tanto, BIM contribuye al aumento de la precisión y automatización de las actividades relacionadas con la elaboración de presupuestos de construcción, situación que conlleva a la necesidad de estudiar y desarrollar el impacto de BIM en las actividades de la elaboración de un presupuesto de construcción.

La pregunta a resolver en el presente trabajo de investigación es: ¿cuál es el impacto de la utilización de tecnología BIM en las actividades de elaboración de

presupuestos de construcción de intersecciones viales?, para responder a la pregunta de investigación se realizara una consulta bibliográfica en donde se identificaran variables de medición de impacto de BIM en el cálculo del presupuesto, a continuación se realizara el modelo BIM de un caso de estudio donde se observara el comportamiento de las variables definidas, finalmente se analizaran los resultados de la fase de experimentación para dar respuesta a la pregunta de investigación.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar el impacto de la utilización de tecnologías BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales, caso de aplicación intercambiador Postobón, Barrancabermeja

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir un conjunto de variables para la medición del impacto de BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales.
- Elaborar el modelo BIM del caso de estudio y generar el presupuesto de construcción, teniendo en cuenta las variables definidas para la medición del impacto de BIM.
- Identificar las ventajas y desventajas de la utilización de BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales, con base en las variables definidas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. PRESUPUESTO

El presupuesto de obra se define como la valoración o estimación económica “a priori” de un producto o servicio. Se basa en la previsión del total de los costos involucrados en la construcción de la obra, incrementados con el margen de beneficio que se tenga previsto [13].

3.1.1. Análisis de precios unitarios. El análisis de precio unitario (APU) es el costo de una actividad por unidad de medida escogida; normalmente se compone de los valores de material, mano de obra, equipo y herramientas teniendo en cuenta los precios vigentes del mercado.

El APU depende del tiempo de ejecución del proyecto, debido a que los precios de los insumos pueden variar en diferentes temporadas, de igual manera se debe tener en cuenta la ubicación geográfica del proyecto, porque esto implica cotizar los insumos en lugares más cercanos, así, evitando el transporte de los mismos por largos trayectos [19].

Los APU son importantes al momento de elaborar el presupuesto de construcción, debido a que se pone en juego el costo general que tendrá cada actividad por unidad. Cualquier inconsistencia en los precios de material, de mano de obra, rendimiento y herramientas puede generar errores en el presupuesto final de construcción; es de vital importancia conocer los precios actuales, rendimientos actuales y sueldos actuales que se pagaran a la mano de obra.

3.2. ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

Con las cantidades Q_i , de las actividades necesarias para la construcción del proyecto, obtenidas con la utilización del modelo BIM y el costo por unidad de construcción P_i , calculado en los APU, es posible calcular el costo directo total C_i , de las diferentes actividades de construcción, con el producto de los valores Q_i y P_i .

Donde,

$$C_i = \sum Q_i * P_i \text{ [13].}$$

El costo directo hace referencia al costo de los insumos y recursos utilizados en las actividades que tiene una relación directa con la ejecución del proyecto, entre estos, se encuentra el costo del material, la mano de obra y el equipo necesario para las diferentes actividades en la ejecución del proyecto. Por otra parte, el costo indirecto

se denomina a toda erogación necesaria para la ejecución de un proceso constructivo del cual se derive un producto; pero en el cual no se incluya mano de obra, materiales ni maquinaria, generalmente está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes, acarreos, y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo [13]. En la presente investigación los costos indirectos no son incluidos en los APU, ya que generalmente no se tiene en cuenta en los análisis de precios unitarios.

3.3. TECNOLOGÍAS BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

BIM es una tecnología innovadora que facilita la comunicación entre los actores del proceso constructivo (arquitectos, ingenieros, constructores y usuarios), permitiendo crear y utilizar información coordinada y coherente sobre un proyecto a través de modelos geométricos en 3D contenidos en una misma base de datos con información vital para el desarrollo del mismo; dicha información está a disposición de cualquiera de las partes encargadas del proyecto, para ser manipulada y modificada con la posibilidad del trabajo colaborativo desde distintas ubicaciones geográficas [13].

Con BIM se crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y se logra simular el rendimiento en los procesos reales, lo que agiliza el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad [15].

Se tiende a confundir los modelos BIM con modelos 3D, los cuales solo incorporan la geometría. BIM además de ser un modelo 3D (información gráfica) incorpora información relevante del proyecto (información no grafica), la cual queda guardada en la base de datos del modelo. La otra característica de un modelo BIM es que este posee un grado de 'inteligencia', dada por dos particularidades: El diseño paramétrico, con el que ahora los elementos (muros, vigas, ventanas, puertas, etc.), antes representado por propiedades fijas (largo, ancho y alto), son caracterizados por parámetros y reglas que determinan la geometría del proyecto. Y lo que se conoce por bidireccionalidad asociativa, Con lo cual se pueden gestionar los cambios durante el diseño. Por ejemplo, al hacer una modificación en el modelo, automáticamente todas las vistas (2D) generadas a partir de este se actualizan, eliminando posibles inconsistencias [15].

3.4. VARIABLES PARA LA MEDICIÓN DEL IMPACTO DE BIM

A continuación, se definen las variables tenidas en cuenta en esta investigación:

3.4.1. Cantidades de obra. Las cantidades de obra son una parte vital para el presupuesto de construcción; tener unas cantidades imprecisas o sujetas a cambios extra temporales afectan totalmente el presupuesto final. Con el uso de BIM se puede prever todos los materiales necesarios para la construcción del proyecto. Esto reduce la improvisación en el tiempo real de la obra [9-18-20].

3.4.2. Inconsistencias en planos. Los planos son un elemento vital en el proyecto, ya que de estos se obtendrán las cantidades de obra y el orden de las actividades. Tener errores en los planos y detectar interferencias e incoherencias, implica modificación a los mismos, y recalculan las cantidades de obra, lo que podría afectar el presupuesto final, al generarse desperdicios de material o falta del mismo.

3.4.3. Retroalimentación y actualización flexible. La vinculación de un modelo BIM, en el cálculo de presupuesto de construcción, brinda un sistema flexible frente a los posibles cambios en los diseños de los proyectos, situación que facilita la actualización del presupuesto de obra del proyecto en un tiempo reducido [13].

3.4.4. Visualización de la información del proyecto. Para algunos casos de diseño se dificulta entender algunas geometrías complejas mediante la representación en planos de dos dimensiones (2D). Con BIM es posible ver el modelo desde cualquier punto de vista y realizar varios cortes que permiten ver detalladamente los elementos de la obra.

3.4.5. Precisión en las actividades de obra. Uno de los errores más comunes en la cuantificación de obra aplicando el método tradicional, es olvidar o repetir actividades de obra, debido a la gran cantidad de información en proyectos extensos. Con BIM, mediante la integración de la totalidad de la información del proyecto es posible contar con una mayor percepción de las actividades, que permiten disminuir los posibles imprevistos que se puedan presentar en la ejecución de la obra [13].

4. CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio para elaborar el presupuesto de construcción de intersección vial mediante tecnologías BIM, se ubica en el Municipio de Barrancabermeja, Departamento de Santander, Colombia. Este proyecto lleva por nombre: Intercambiador Postobón, debido a su cercanía con la embotelladora de la empresa Postobón S.A, el intercambiador está localizado en la intersección entre las calles 34, 61 y la diagonal 60, en el sector norte de dicho municipio, este sector es conocido como paso nivel. (Ver Fig. 1).

Figura 1. Ubicación Caso de Estudio: Intercambiador Postobón. Intersección entre calles 34, 61 y diagonal 60.



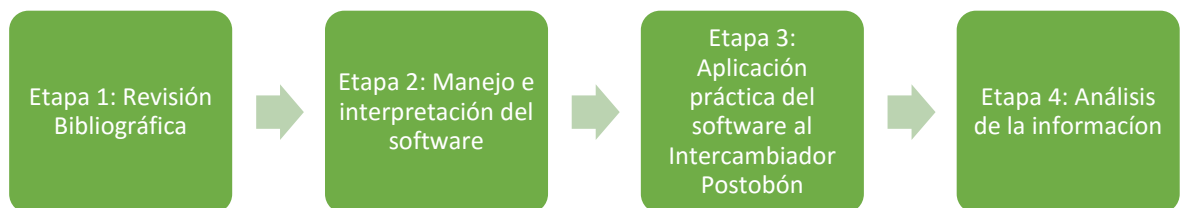
Fuente: Imagen tomada de Google Earth.

Este temido cruce del sector de Postobón, denominado así por la misma comunidad aledaña, ha cobrado más de una vida y ha dejado decenas de lesionado en los últimos años, siendo este lugar no propicio para la ubicación de semáforos, lo que ha hecho dar solución al problema de accidentalidad mediante una intersección vial, así como también, es diseñado para mejorar la movilidad en el sector.

5. METODOLOGÍA

Para hacer el estudio del impacto de la utilización de BIM, en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales, se utilizó una metodología basada en el método científico experimental; consiste en la observación sistemática, medición, experimentación, formulación y análisis de las hipótesis. Para esto se propuso el siguiente plan de trabajo basado en diferentes etapas, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 2. Metodología Aplicación de BIM al Intercambiador Postobón.



La primera etapa se basó en hacer una revisión bibliográfica donde se realizaron consultas sobre los alcances del proyecto, y se identificaron las variables para la medición del impacto de BIM en la elaboración de presupuesto de construcción. La segunda etapa, tuvo como objetivo interpretar el manejo del software.

El software usado para el modelo BIM es Autodesk Revit, debido a la familiarización que se tiene con su manejo, además, que posee una interfaz de fácil entendimiento, de igual manera el grupo de investigación Geomática, cuenta con licencia del mismo, lo que facilita trabajar el modelado del caso de estudio en este software.

5.1. DESARROLLO DEL MODELO BIM

Uno de los objetivos en el desarrollo del modelo BIM, consistió en obtener un modelo de la totalidad de los elementos de construcción del proyecto, al cual se le desea calcular el presupuesto [13]. Para esto, es necesario contar con los planos en formato CAD 2D, un modelo 3D o cualquier fuente de información de los parámetros y las características del proyecto [12]. De igual manera se deben tener en cuenta cada una de las propiedades de los distintos elementos, materiales o piezas a conformar el modelo ya que serán de gran importancia al momento de calcular las cantidades de obra.

En esta tercera etapa, se propone una modificación al método tradicional de cálculo de presupuestos, se desarrolló un modelo BIM de la topografía, pavimentos, arquitectura, y redes hidrosanitarias, que luego fueron integrados en un único modelo 3D, al cual se le desea calcular el presupuesto.

El modelo puede ser modificado en cualquier instante por nueva información producida por los profesionales que diseñaron las diferentes áreas el proyecto.

Debido a que, el caso de estudio es un proyecto demasiado extenso, fue necesario trabajar en una plataforma virtual en red para trabajar de forma simultanea [17], lo cual permite disminuir el tiempo necesario para la elaboración del modelo BIM.

5.2. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA CON EL MODELO BIM 3D

Los cálculos necesarios para obtener las cantidades de obra, es directamente proporcional a la dimensión de los proyectos, la omisión de actividades o la mala cuantificación de obra a causa del error humano [13].

Posteriormente al modelo BIM 3D, se obtuvieron las cantidades de obra, la determinación de las actividades requeridas en la ejecución del proyecto y la generación del presupuesto. Esta modificación al método tradicional resulta de gran utilidad para disminuir la incertidumbre del presupuesto final del proyecto.

En la cuarta etapa, se hizo un análisis de la información obtenida de los modelos generados en BIM, para ser comparado frente al método tradicional de elaboración de presupuesto, y se mostró los resultados obtenidos al público, que posteriormente fueron analizados en las conclusiones.

6. RESULTADOS

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a la ejecución de las cuatro etapas planteadas en el esquema metodológico de la figura 2, metodología aplicada al intercambiador Postobón del municipio de Barrancabermeja, Colombia.

6.1. DESARROLLO DEL MODELO BIM

Para llegar al modelo BIM, primero, se elaboran modelos 3D de la topografía del sitio, de las redes hidrosanitarias, de los elementos urbanísticos que conforman el entorno del proyecto y modelos del mismo pavimento para nuestro caso de intersección vial, esto con base a la información que se tenga inicialmente. Posteriormente, se ensamblan dichos modelos en un único modelo, que permitirá ubicar y calcular costos, reduciendo tiempos de producción, permitiendo mejor documentación a las partes involucradas en el proyecto y una mejora en la toma de decisiones.

En las siguientes imágenes se presenta el resultado del modelo BIM al intercambiador Postobón, modelado con el software Autodesk Revit, apoyado de la información de planos y documentos correspondientes a los diseños del proyecto.

Figura 3. Intersección entre diagonal 60, calle 63 y calle 65.



Figura 4. Intersección entre calle 60, carrera 32.



Figura 5. Intersección entre calle 61, calle 34, carrera 34.



Figura 6. Sector conocido como paso nivel.



Figura 7. Modelo BIM diseño estructural Box Couvert y canal abierto del caso de estudio.

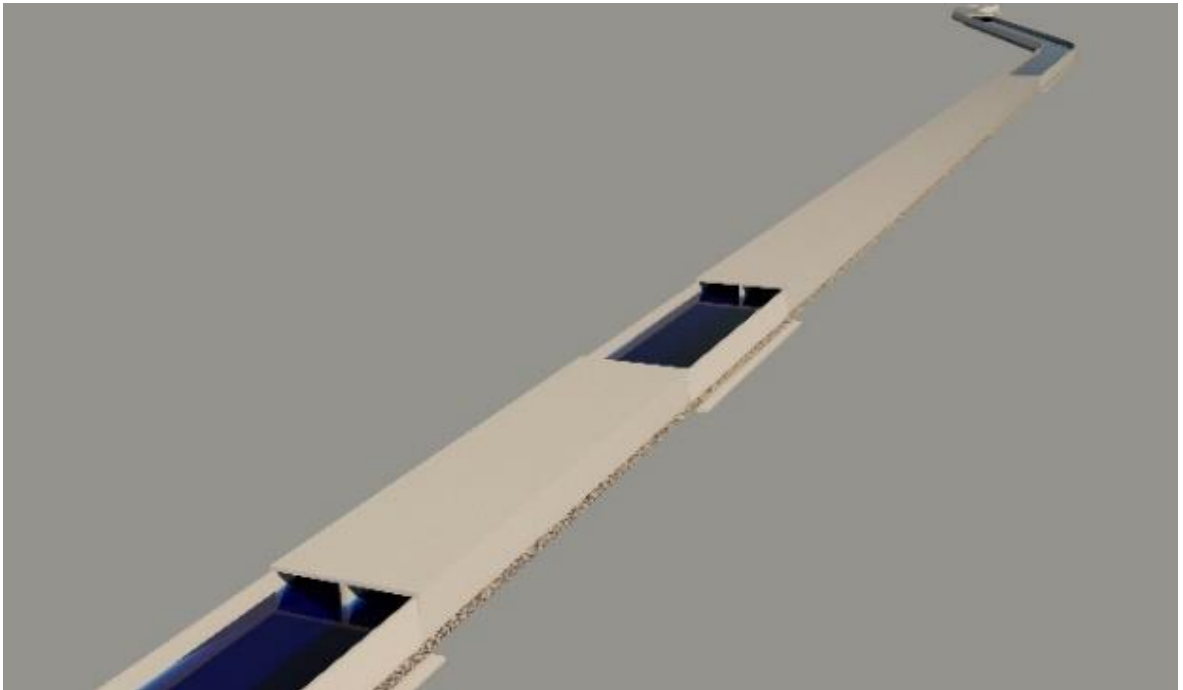
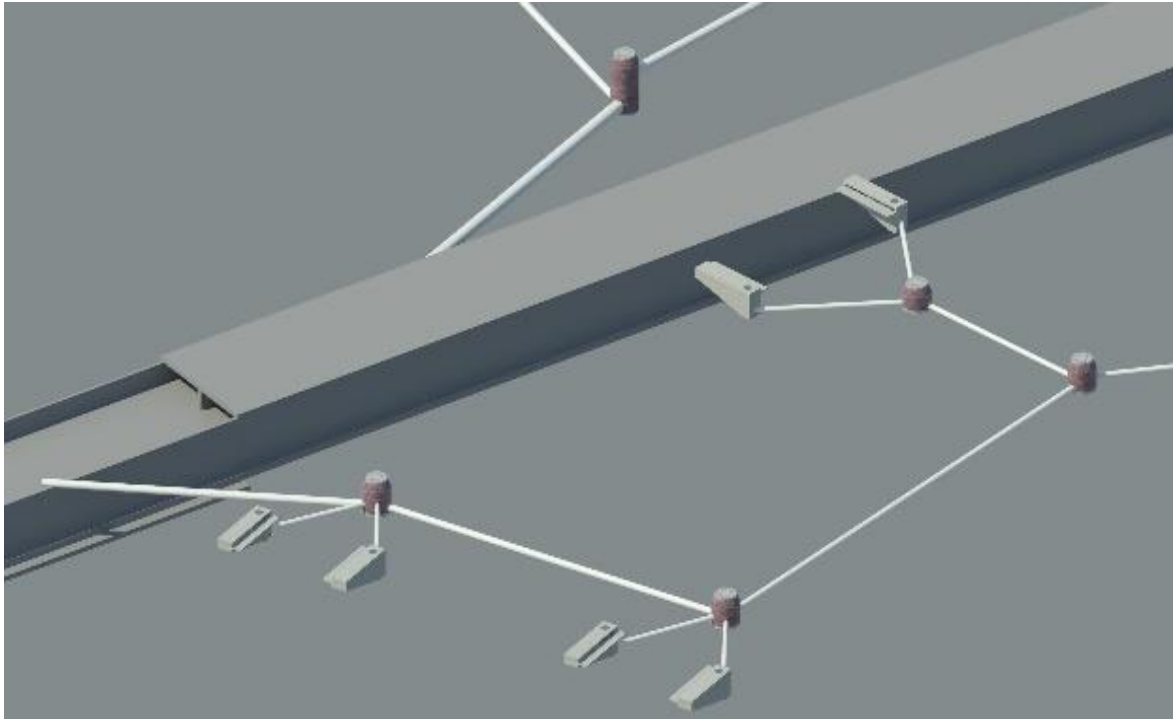


Figura 8. Modelo BIM diseño red de alcantarillado del caso de estudio.



Una de las ventajas del modelo BIM, es que se logra integrar toda la información de los diferentes elementos de construcción, permitiendo una mejor visualización detallada de las diferentes áreas del proyecto.

Entre las variables definidas para esta investigación, es el impacto que tiene BIM en la detección temprana de incoherencias e interferencias en los diseños e información del proyecto. Este problema afecta directamente al presupuesto, puesto que no se tendrá una precisión en el cálculo del mismo y en su valor final. En la elaboración del modelo BIM del caso de estudio se encontraron una serie de interferencias de las que se tuvieron que realizar modificaciones en los diseños; dichas modificaciones fueron necesarias para la correcta ejecución de la construcción del proyecto y que de cierta manera afectaban el cálculo del presupuesto final. En la tabla 1, se describen algunas de las interferencias e incoherencias que causaron modificación en el diseño y pudieron ser detectadas con ayuda del modelo BIM para el caso de estudio.

Tabla 1. Causas de modificación en los diseños, determinadas con el modelo BIM 3D del caso de estudio.

Causa	Cantidad
Box Couvert, no se contempló para una vía existente en los planos hidráulicos. Afecta: Volúmenes de concreto y movimientos de Tierra.	1
Box Couvert, cotas por encima de la vía. Afecta: Volúmenes de movimientos de Tierra.	1
Casos de diferencia de cotas de diseño en diferentes planos del proyecto. Afecta: Volúmenes de movimientos de tierra.	4
Planos Hidráulicos, incoherencia entre planos de perfil y de planta. Afecta: Cantidades de obra de redes hidrosanitarias.	2
Rampas peatonales, falta de diseño de rampas. Afecta: Volúmenes de concreto, cantidad de elementos de urbanismo.	2
Bolardos, interferencias con sumideros diseñados en planos hidráulicos. Afecta: Cantidad de elementos de urbanismo.	4
Total	14

Al detectar las interferencias e inconsistencias en el modelo BIM y seguidamente modificar el diseño, fue posible hacer un nuevo cálculo de cantidades de obra y presupuesto, reduciendo los errores y aumentando la precisión del mismo.

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de alguna de las interferencias e inconsistencias mostradas anteriormente.

Figura 9. Inconsistencia de cotas del Box Couvert por encima de la vía en la calle 34 del caso de estudio.

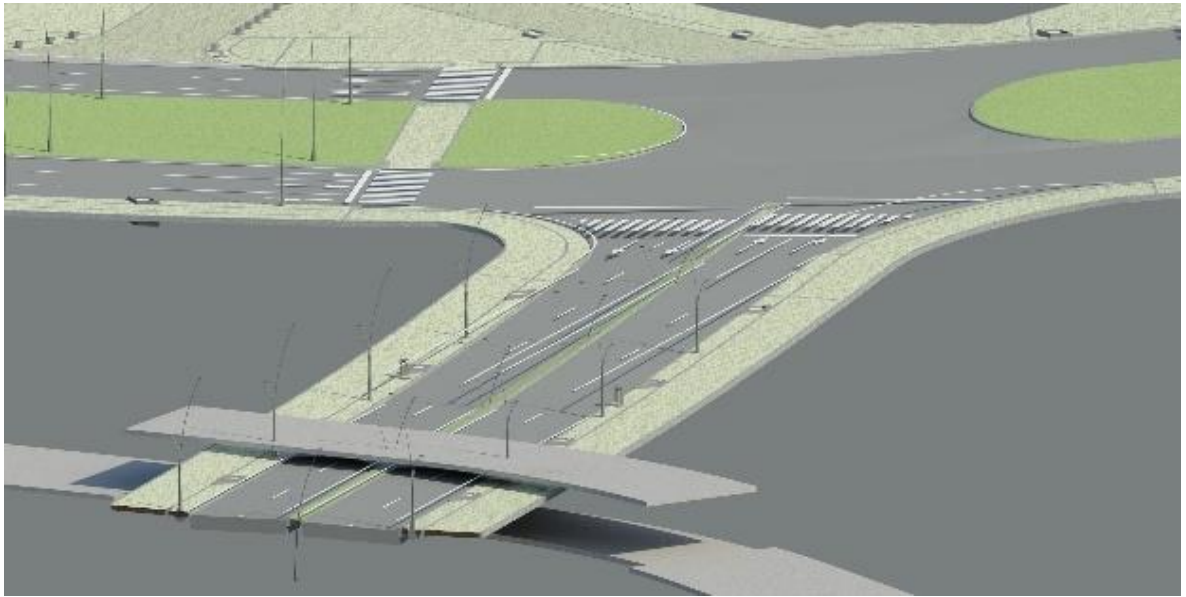
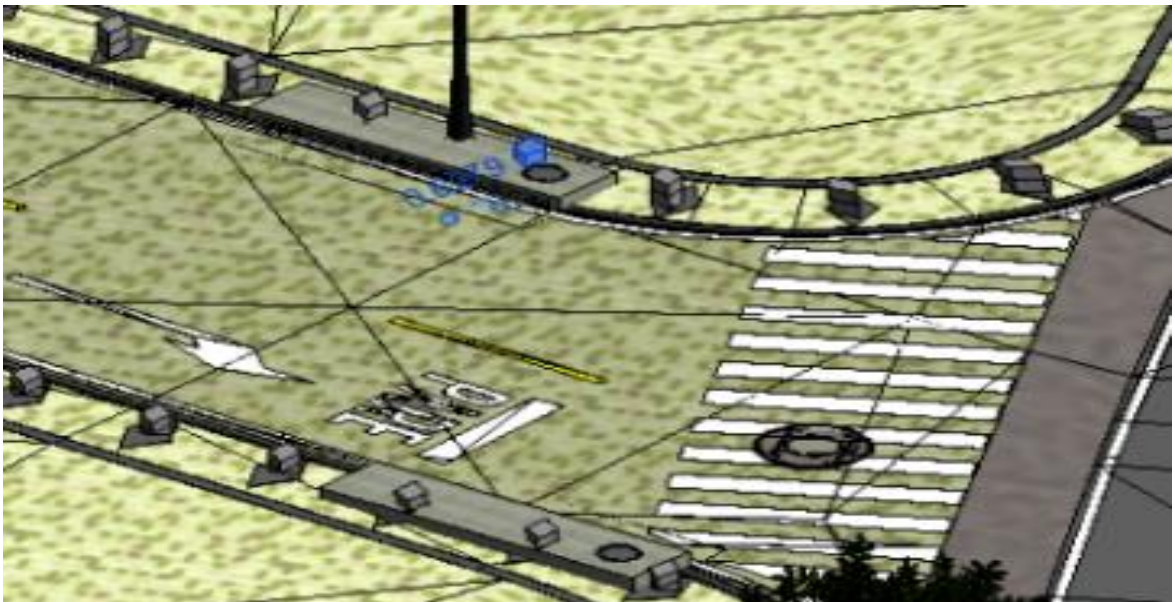


Figura 10. Interferencia de bolardos con sumideros diseñados en planos hidráulicos en la carrera 34 del caso de estudio.



Lo anterior, también ayuda a reducir los posibles imprevistos presentados durante la construcción que impactan de una manera u otra el presupuesto final del proyecto.

6.2. CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA CON EL MODELO BIM 3D

Calcular las cantidades de obra permite cuantificar el material y equipo necesario para la ejecución del proyecto. La importancia de tener conocimiento de estas cantidades, radica en la exactitud del requerimiento de materiales sin desperdicio o falta alguna en el transcurso de la obra.

Las cantidades de obra se calcularon con el software Autodesk Revit, mediante tablas generadas por el programa (ver Fig. 11). Con esto, se evitó menor desperdicio de material y reducir el error a causa de elementos faltantes que pueden afectar al presupuesto de obra. Se observó la facilidad, rapidez y la precisión con la que se obtuvieron las cantidades, en comparación con el método tradicional de cálculo que fue algo complejo y con presencia de errores debido a la magnitud del proyecto.

En la tabla 2 se observa el cuadro comparativo de las cantidades de obra con mayor influencia en el cálculo del presupuesto del caso de estudio (Intercambiador Postobón, Barrancabermeja, Santander) calculadas por el método tradicional CAD 2D y el modelo BIM 3D.

Se observa que en el método tradicional se produce gran variación de las cantidades de obra debido a factores como:

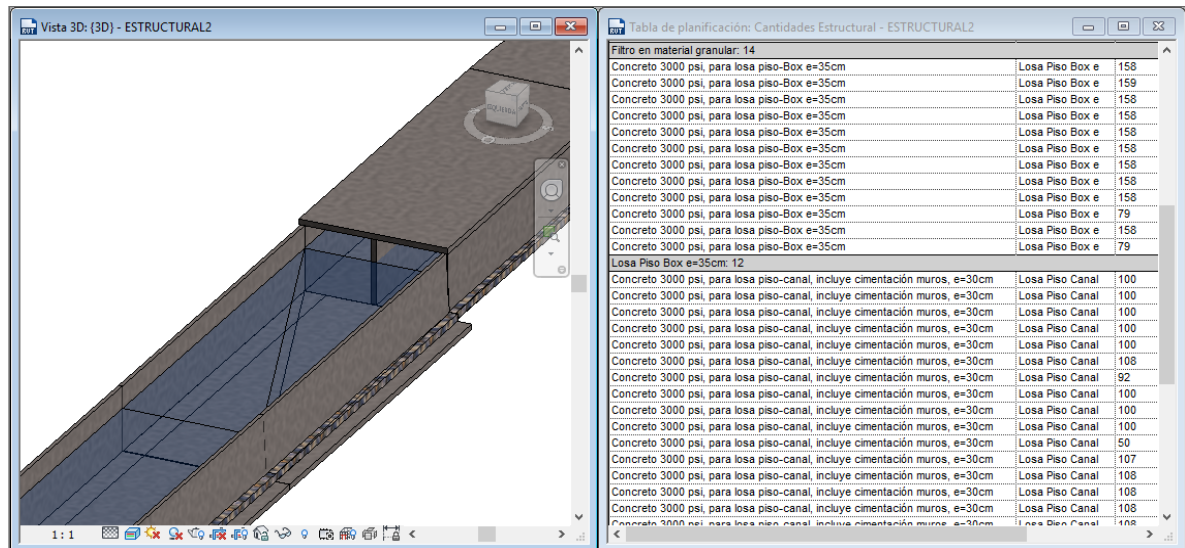
- Falta de dibujos y elementos no visibles en los planos. Con el modelo BIM fue posible detectar elementos faltantes que no se contemplaron en los planos de formato CAD 2D como un Box Couvert bajo una de las vías de acceso al intercambiador.
- Omisión de actividades por la cantidad excesiva de planos. Para el caso de estudio se detectaron elementos en el plano de pavimentos que no fueron contemplados en el cálculo de las cantidades por el método tradicional, debido a la confusión que generó la información contenida en estos.
- Incoherencias e inconsistencias de los diseños. Para el caso de estudio se encontraron una serie de inconsistencias entre elementos urbanísticos, una de estas fueron los bolardos, esta serie de elementos tuvieron interferencia con los sumideros, fue necesario modificar, al borde de eliminarlos para que no se vieran afectadas las cantidades de obra.
- Error humano en el cálculo de cantidades. Con el modelo BIM se puede evidenciar que para el sistema de luminaria hubo errores al momento de cuantificar por el método tradicional, dando como resultado una variación mayor del 100%.

Tabla 2. Cantidades de obra del caso de estudio, obtenidas con el método tradicional y con el modelo BIM.

Cantidades de Obra				
Elemento	Método de cálculo			
	UM	Cant. CAD	Cant. BIM	Variación
Relleno de material suelto y orgánico	M ³	9518	10235	8%
Excavación a máquina en material común	M ³	24308	25252	4%
Concreto pobre 2000 psi	M ³	508	588	16%
Concreto 4000 psi para Box Couvert	M ³	4996	2928	-41%
Acero de 60000 psi	Kg	912908	644147	-29%
Filtro en material granular	M ³	1016	138	-86%
Conformación de la Subrasante	M ²	35720	31775	-11%
Subbase Granular	M ³	16074	13372	-17%
Base Granular	M ³	12502	10233	-18%
Base estabilizada con cemento	-	No hay datos	686	
Arena de Nivelación	-	No hay datos	59	
Losa de concreto (Fr=4.5 Mpa)	M ³	15	52	247%
Franja táctil tipo ESCHER	M	7296	2903	-60%
Adoquín Tipo ESCHER	M ²	12639	21920	73%
Franja de advertencia ESCHER	M	7296	265	-96%
Bolardo en piedra royal	UN	56	186	232%
Contenedor de raíces	UN	188	178	-5%
Zona Verde	M ³	19036	25190	32%
Sardinell 20 x 50 Cm	M	7296	5617	-23%
Sumideros de aguas lluvias	UN	125	48	-62%
Tubería PVC Alcantarillado	M	1508	2037	35%
Luminarias	UN	142	290	104%
Señalización horizontal transversal	M ²	2188	430	-80%
Línea de Demarcación	M	14374	9791	-32%
Pintura de flechas	UN	75	120	60%

En la siguiente figura se observa la interfaz de usuario del software Autodesk Revit, al visualizar las tablas de cantidades de los diferentes elementos de construcción:

Figura 11. Interfaz de usuario del software Autodesk Revit.



En el cálculo de las cantidades para redes hidráulicas se observó una ventaja significativa del modelo BIM, frente al método tradicional, que consiste en la posibilidad de ver en tres dimensiones la integración de la totalidad de la información y determinar elementos faltantes de suma importancia como la construcción de un Box Couvert, también, interferencias entre los elementos de redes de alcantarillado con los elementos urbanísticos del proyecto.

En esta investigación cabe reconocer que con BIM, se mejoró la precisión de las cantidades y se disminuyó la posibilidad de olvidar o repetir elementos del proyecto al momento de elaborar el presupuesto.

6.3. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN

Para este caso de estudio se elaboraron dos presupuestos de construcción: en el primero, se utilizaron las cantidades obtenidas por el método tradicional de planos 2D formato CAD, y en el segundo, las cantidades fueron calculadas mediante el modelo BIM 3D, los análisis de precios unitarios utilizados, fueron los mismos para los dos casos, de la misma manera los diseños iniciales. En la tabla 3 se muestran los costos por capítulos para el caso de estudio, valores obtenidos con el método tradicional y el método BIM.

Tabla 3. Costos directos estimados con los métodos tradicional 2D y modelo BIM del caso de estudio.

Capítulo del presupuesto de obra	Costo directo estimado		Var.
	Método: Modelo BIM 3D	Método: Tradicional CAD 2D	
Preliminares	\$366.861.492	\$366.861.492	0%
Demoliciones	\$6.911.652.145	\$6.911.652.145	0%
Reconexión servicios públicos	\$ 195.004.922	\$195.004.922	0%
Movimientos de tierra	\$3.635.040.912	\$3.488.534.142	4%
Estructura de concreto reforzado- Box Coulvert- Canal Abierto	\$5.004.325.254	\$7.740.813.737	- 35%
Estructura de Pavimento	\$5.953.684.918	\$6.578.690.228	- 10%
Estructura de andenes	\$2.612.454.099	\$3.065.362.158	- 15%
Urbanismo	\$2.157.451.545	\$1.747.681.959	23%
Redes Hidrosanitarias	\$ 339.522.235	\$404.887.682	- 16%
Red eléctrica	\$1.351.742.768	\$1.016.769.062	33%
Señalización	\$ 218.532.976	\$268.704.835	- 19%
Semaforización y otros	\$3.263.833.482	\$3.263.833.482	0%
GMA y PMT	\$410.545.104	\$410.545.104	0%
Costo directo Total	\$32.420.651.852	\$35.459.340.948	-9%

En la tabla 3 se observan variaciones significativas en los costos directos de los diferentes capítulos del presupuesto que se obtuvieron con los dos métodos. A simple vista se evidencia la reducción de los posibles imprevistos para algunos capítulos. También, se identificó la disminución de desperdicios de material en la ejecución de la obra. Para el caso de estudio el valor de -9% refleja la variación del costo directo, utilizando el modelo BIM para el cálculo del presupuesto.

Con lo anterior se puede deducir que el cálculo de presupuesto por el método BIM aporta en la precisión del costo final del proyecto.

7. DISCUSIÓN O RECOMENDACIONES

7.1. CANTIDADES DE OBRA

El impacto de BIM frente al método tradicional que se observó en el cálculo de las cantidades de obra del caso de estudio, es la rapidez, facilidad y precisión con la que se obtuvieron, en comparación con el método tradicional que, debido a la magnitud del proyecto, se hace un proceso largo y expuesto a los errores.

Un modelo BIM resulta muy útil si se desea tener un cálculo de cantidades con mayor precisión, al ser éste, una representación digital compartida de las características físicas y funcionales del proyecto de construcción [8], hace que sea más sencillo editar o modificar cada una de las partes que lo contienen.

Una de las ventajas del modelo BIM, es que, al hacer cualquier tipo de alteración en los diseños iniciales, éste automáticamente modifica sus propiedades, características y demás parámetros de cada uno de sus elementos, por lo que hace más fácil el cálculo de las nuevas cantidades de obra.

7.2. INCONSISTENCIAS EN PLANOS

En los proyectos de construcción por lo general, se tiene una gran cantidad de información que suele encontrarse en diferentes documentos, de los que resultan incoherencias y falta de compatibilidad entre si [10]. De esta manera, entre más extensos sean los proyectos, la cantidad de información suele ser confusa y poco visual, teniendo en cuenta que no es práctico tener que buscar una referencia, característica o un elemento en cierta cantidad de formatos, de donde se induce al error humano e incluso a omitir detalles.

En el proceso de modelado del caso de estudio se identificó una serie de interferencias e inconsistencias que fueron necesarias modificar y ajustar. El proceso de ejecución del proyecto, además, el presupuesto, se verían afectados sino se detectaban a tiempo, por lo cual se hubieran generado grandes pérdidas de material y atrasos en el cronograma de actividades de la obra.

Entre los casos de inconsistencias e interferencias de gran importancia que debemos resaltar en esta investigación, se encuentra en el diseño de las redes hidrosanitarias, en el cual se encontró que uno de los Box Couvert contenidos en el proyecto, sobrepasaba el nivel de cotas de la carretera, interferencia que hubiera generado grandes pérdidas no solo de material, también de tiempo y dinero en la etapa de ejecución del proyecto, de no haber sido detectado a tiempo alteraría el presupuesto final de la obra.

Otra de las inconsistencias importantes es la ausencia de un Box Coulvert bajo una de las vías de acceso al Intercambiador Postobón, exactamente en la carrera 31a, del Municipio de Barrancabermeja, que no fue contemplado en los diseños iniciales. Con BIM se logró integrar al moldeo de redes hidrosanitarias. Cabe resaltar que la falta de elementos de tal magnitud, con $248.5 M^3$ de concreto, además de 54681 Kg de acero de refuerzo, entre otros, generan sobrecostos en el presupuesto estimado.

7.3. RETROALIMENTACIÓN Y ACTUALIZACIÓN FLEXIBLE

BIM tiene la ventaja que al hacerse cambios en el diseño se hace más flexible el manejo de estas nuevas cantidades. Su interfaz permite que, al hacer una actualización del diseño, automáticamente se modifiquen las cantidades de obra, lo que hace más sencillo el trabajo de corregir el presupuesto de construcción, sin exponernos a recalcular u omitir elementos de construcción.

El modelo BIM del caso de estudio permite realizar modificaciones a los diseños de redes, elementos urbanísticos, topografía y pavimentos, de igual manera detectar conflictos entre las diferentes partes y actualizar de manera inmediata las cantidades y el presupuesto.

Una de las ventajas que ofrece BIM con las cantidades de obra, es tener la posibilidad de reajustar el número de elementos para controlar el presupuesto final, teniendo en cuenta que el modelo BIM permite visualizar el diseño más cercano a la realidad. También, permite beneficiar al gestor del proyecto, si se reemplaza elementos de gran costo, por otros de menores costos y que cumplan la misma función e incluso eliminar elementos innecesarios, todo gracias a la capacidad de actualización inmediata que poseen las tecnologías BIM.

7.4. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL PROYECTO

En algunos casos se hace difícil entender geometrías complejas mediante la representación de planos en 2D, mientras que con el modelo BIM 3D es posible mostrar los elementos de construcción del proyecto desde cualquier punto de vista y se le pueden realizar gran variedad de cortes.

Elementos de construcción para el caso de estudio como los sardineles, que son exclusivos para el proyecto, necesitan de mucha precisión, con BIM es posible que se visualice la longitud de corte para cada área de la obra.

Para la investigación visualizar la información del proyecto en BIM fue más flexible, menos confusa y más ordenada, mientras que en CAD se tardó en buscar la información de varios planos para poder agrupar elementos en un mismo sitio de la

obra. BIM permitió hacer una consulta rápida de todos los elementos del proyecto y así poderlos cuantificar con precisión. Por otra parte, el poder ver las características físicas de todo el proyecto hace que el proyecto sea más atractivo para el espectador, dejando en desventaja a CAD.

7.5. PRECISIÓN EN LAS ACTIVIDADES DE OBRA

En el cálculo de presupuesto tradicional debido a la gran cantidad de información, el encargado de cuantificar la obra está expuesto a olvidar actividades requeridas en la ejecución del proyecto [13].

Con base a la metodología para esta investigación, al aplicar el modelo BIM de los diseños del proyecto a partir de planos en 2D, se detectaron elementos que no fueron contemplados en el cálculo de presupuesto con el método tradicional, entre estos, materiales como: base estabilizada con cemento y arena (ver tabla 2), que afectan directamente el presupuesto final.

Con lo anterior, se puede afirmar que mediante un modelo BIM se reduce la posibilidad de olvidar actividades al momento de elaborar un presupuesto de obra, ya que la información se encuentra en una única base de datos.

8. CONCLUSIONES

Normalmente los proyectos de construcción poseen una gran cantidad de información, que para las partes encargadas es difícil de manipular y visualizar, muchas veces genera errores que a largo plazo necesitan ser corregidos o modificados y que de alguna manera afectan al presupuesto final. La constante modificación de elementos en el proyecto, a causa de errores se vuelve una tarea repetitiva y que consume demasiado tiempo. BIM tiene como ventaja que, al momento de modificar un elemento, automáticamente se actualizan sus cantidades de obra, evitando el recalcular y la cuantificación, situación que se presenta con el método tradicional.

En algunos casos puede no resultar conveniente la utilización de BIM, casos en los que no se disponga del tiempo necesario para realizar un modelo en 3D, el equipo de cómputo necesario para el modelamiento, o del presupuesto necesario para obtener las licencias del software de modelado BIM. Para el caso de estudio el modelado BIM fue un proceso largo debido a la magnitud del proyecto.

Una de las ventajas significativas en la elaboración del modelo es el trabajo colaborativo, BIM permite que varios profesionales de diferentes disciplinas trabajen sobre un mismo modelo central, evitando interferencias en los planos de diseños.

Finalmente, el impacto que tiene BIM en la elaboración de presupuestos de construcción de intersecciones viales, a pesar del tiempo que se gasta en la modelación, es viable porque permite que, se reduzcan errores en la cuantificación de obra, calcular cantidades con más precisión, y mejorar el tiempo de ejecución del proyecto, lo que hace que sea una tecnología amigable con el usuario, ofreciendo una mejor visualización de la obra, siendo ésta llamativa y comprensible para cada una de las partes involucradas. Por esta razón es recomendable que la industria de la construcción promueva el uso de estas nuevas tecnologías; considerando que impactan positivamente el proceso de elaboración de presupuesto y trae consigo beneficios que se ven reflejados en el sector económico del proyecto.

En un futuro, las tecnologías BIM tendrán aplicación en varios campos de la ingeniería civil y la construcción, no solo en intersecciones viales, puesto que, facilita el cálculo de cantidades y la obtención del presupuesto, como también permite de una mejor manera la visualización de lo que se planea generar en un proyecto, en ese orden de ideas, se puede afirmar que BIM tiene una ventaja muy amplia frente a lo tradicional y que debe empezar a promoverse e implementarse el uso de esta gran tecnología en el país.

CITAS

- [1] ABADIE, Richard; RAYMOND, Peter. Correcting the course of capital projects, plan ahead to avoid time and cost overruns down the road. Única edición, Londres, Gran Londres, Reino Unido, Price waterhouse Coopers, 2013. 15 p.
- [2] AIBINU, Ajibade y VENKATESH Sudha. Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia. En: Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice – ASCE. Diciembre, 2013, vol. 140, p. 1-10.
- [3] BELTRAN, Álvaro. Costos y presupuestos. Instituto Tecnológico de Tepic. Enero, 2012.
- [4] CONSUEGRA, Juan Guillermo. Presupuestos de la construcción. Bogotá: Bhandar Editores, 2006, p. 79-98.
- [5] GOEDERT, James; MEADATI, Pavan. Integrating construction process documentation into building information modeling. En: Journal of Construction Engineering and Management. July, 2008. vol. 134, no. 7 p. 509-515.
- [6] KIM, Jin-Lee. Use of BIM for effective visualization teaching approach in construction education. En: Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice – ASCE. Noviembre, 2011, vol. 138, p. 214-223.
- [7] MEJÍA, Guillermo. Análisis de presupuestos a través de metodologías de análisis de requerimientos para sistemas de información. Bucaramanga. Agosto, 2007.
- [8] MOHAMED, Marzouk; MOHAMED, Hisham. Implementing earned value management using bridge information modeling. En: KSCE Journal of Civil Engineering. Journal, 2014. vol. 18, no. 5, p. 1302-1313.
- [9] MONTEIRO, André; POÇAS MARTINS, Joao. A survey on modelind guideling for quatity takeoff oriented BIM based design. En: Automation in Construction. November, 2013. vol.35, p. 238-253.
- [10] PARK, jungjun; KIM, Byungil; KIM, changyoon; KIM, Hyoungkwab. 3D/4D CAD applicability form life-cycle facility management. En: Journal of Computing in Civil Engineering. March, 2011, vol. 25, no.2, p. 129 – 138.
- [11] POPESCU, Calin. Estimating Building Costs. Primera edición, New York, USA: CRC Press, Taylor Francis e. Library. Lisse, capítulo 2, 2003. 635 p.
- [12] PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar y GALVIS, José. Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5D con tecnologías “building information modeling”. En: Revista Gerencia Tecnológica Informática – GTI. Abril, 2015, vol. 14, p. 30-45.

- [13]** PORRAS, Hernán; SÁNCHEZ, Omar; GALVIS, José; JAIMEZ, Nestor y CASTAÑEDA, Karen. Tecnologías “building information modeling” en la elaboración de presupuestos de construcción de estructuras en concretos reforzados. En: Revista Entramado. Abril, 2015, vol. 11, p. 1-20.
- [14]** QUINTERO, Leidy. Los sobrecostos en la contratación de obras de infraestructura en el sector público. Revista Digital Apuntes de Investigación. Universidad Pontificia Bolivariana, Vol. 5. Enero, 2013.
- [15]** ROJAS G, Roberto. Building Information Modeling-BIM. En: Red interamericana de centros de innovación en la construcción INCONET. Marzo, 2011.
- [16]** SATTINENI, Anoop; BRADFORD, Harrison. Estimating with BIM: A survey of us construction companies. En: Automation and Robotics in Construction. 2011. vol. 15, p. 234-257.
- [17]** SHOU, Wenchi; WANG, Jun; WANG, Xiangyu; CHONG, Yih. A comparative review of building information modeling implementation in building and infrastructure industries. En: Archives of computational methods in engineering, Agosto, 2014. Vol. 9, no. 1, p. 1-18.
- [18]** SYLVESTER, Keith; DIETRICH, charlotte. Evaluation of Building Information Modeling (BIM) Estimating Methods in Construction Education. En: East Carolina University. Associated Schools of Construction, March, 2009. vol. 35, p. 114-132.
- [19]** VALERA, Francisco. Análisis de Precios Unitarios, En: monografías.com. Septiembre, 2009, p. 1.
- [20]** WANG, Wei-Chih; WENG Shao-Wei; WANG, Shih-Hsu; CHEN Cheng-Yi. Integrating building information models construction process simulations for project scheduling support. En: Automation in Construction. 2014 vol. 37, p. 68 – 80.

BIBLIOGRAFÍA

ALCÁNTARA, Paúl. Método para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. MSc. Tesis pregrado. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. 2013. 126p.

BOTERO BOTERO, Luis Fernando. Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción. En: Revista Universidad EAFIT. Enero, 2002. vol. 128, p. 9- 20.

DURÁN, Emerson. Presupuestación bajo incertidumbre. En: Cuadernos de Contabilidad, Enero, 2011. Vol. 12, no.30, p. 309-326.

ESCUADERO GONZALES, Pedro; GUILLÉN GUILLAMÓN, Ignacio. Estudio sobre las exigencias en un modelo BIM para evaluar prestacionalmente el documento básico de protección frente al ruido del código técnico de la edificación. Ms.C. Tesis. Valencia. España. Univ. politécnica de Valencia. Dept. de Tecnología. 2013. 43 p.

GAITÁ, Jua; GÓMEZ, Adria. Uso de la metodología BRIM (Bridge Information Modeling) como herramienta para la planificación de la construcción de un puente de concreto en Colombia. En: Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Julio, 2014. Vol. 24, no.2, p. 145-156.

KHALED, Nassar. The Effect of Building Information Modeling on the Accuracy of Estimates. En: American University in Cairo. 2010. vol. 34, p. 356-395.

MEJIA AGUILAR, Guillermo; HERNÁNDEZ. Seguimiento de la productividad en obra: técnicas de medición de rendimientos de mano de obra. En: Revista UIS ingenierías. 2007. vol. 6, no. 2, p. 45- 59.

MERCADO, E. Productividad, base de la competitividad, 2. Ed. México: LIMUSA S.A, 1998 pp. 400.

MOJICA, Alfonso; VALENCIA, Diego. Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una

edificación en Bogotá. Tesis pregrado. Bogotá, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Departamento de Ingeniería Civil. 2012. 98p.

SALDÍAS SILVA, Rodolfo Omar. Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil, Santiago de Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil, 2010. 121p.

TABOADA, José; ALCÁNTARA, Vladimir; LOVERA, Daniel; SANTOS, Ricardo; DIEGO, Jorge. Detección de interferencias e incompatibilidades en el diseño de proyectos de edificaciones usando tecnologías BIM. En: Revista del instituto de investigaciones de la facultad de Geología, Minas; Metalurgia y Ciencias Geográfica, Mayo, 2011. Vol. 14, no.28, p. 9.

TRISTANCHO, Julián; CONTRERAS, Leonardo; VARGAS, Luis. Aplicación del modelo integrado de desarrollo (BIM) en el diseño de proyectos para oficina abierta. En: Ingeniería, Octubre, 2011. Vol. 16, no.2, p. 78-93.