

Siete dimensiones de un proyecto de construcción con la metodología Building Information Modeling

Seven Dimensions of a Construction Project with the Building Information Modeling Methodology

Sete Dimensões de um Projeto de Construção com a Metodologia Building Information Modeling

Wilmer Rolando González Villamil

Ingeniero Civil. Estudiante Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción.
Universidad Santo Tomás – Seccional Tunja.
Correo electrónico: wilmer.gonzalez@usantoto.edu.co. Tunja – Colombia.

Camilo Andrés Lesmes Fabian

Ingeniero Agrónomo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – UPTC.
Magister en Ciencias Ambientales. Wageningen University. Ph.D en Antropogeografía. Universidad de Munich.
Docente Investigador. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Santo Tomás – Seccional Tunja.
Correo electrónico: camilo.lesmes@usantoto.edu.co. Tunja – Colombia.

Resumen

Los proyectos de construcción actualmente presentan muchos errores y contratiempos por una falta de planificación y control durante el ciclo de vida, así que es necesario un cambio virtual más allá del 3d con un método multidimensional donde se imita el proceso real de la construcción centralizando la información en un único modelo. La metodología BIM para la gerencia de proyectos de construcción es una alternativa que permite la reducción de incertidumbre.

En esta investigación se desarrolló un modelo simple de una casa de un piso como estudio de caso, basado en las siete dimensiones (Idea, Boceto, Visualización 3D, Programación de Tiempos, Costo, Simulación del Comportamiento Energético y Sustentabilidad y Gestión de Ciclo de Vida de un Proyecto de Construcción la cual permite tener menor incertidumbre y ayuda con decisiones respecto al proyecto.

Palabras clave— BIM, Coordinación, Control, Gerencia de Proyectos de Construcción, Gestión de Proyectos, Interoperabilidad, Siete Dimensiones.

Abstract

Construction projects currently present many errors and setbacks due to a lack of planning and control during the life cycle, so a virtual change beyond the 3d is necessary, with a multidimensional method where the real construction process is imitated by centralizing the information in a single model. The BIM methodology for the management of construction projects is an alternative that allows the reduction of uncertainty

In this research a simple model of a one-story house will be developed as a case study, based on the seven dimensions (Idea, Sketch, 3D Visualization, Timing, Cost, Simulation of Energy Behavior and Sustainability and Life Cycle Management of a Construction Project which allows to have less uncertainty and help with decisions regarding the project.

Key Words— BIM, Coordination, Control, Construction Project Management, Project Management, Interoperability, Seven Dimensions.

Para citar este artículo: González-Villamil, W.R., Lesmes-Fabian, C.A. (2017) "Siete Dimensiones de un Proyecto de Construcción Con La Metodología Building Information Modeling" *L'Esprit Ingénieur*. Vol 8. pp. 68 - 87

Resumo— Os projetos de construção apresentam atualmente muitos erros e retrocessos devido à falta de planejamento e controle durante o ciclo de vida, portanto, é necessária uma mudança virtual além do 3d com um método multidimensional onde o processo de construção real é imitado centralizando as informações em um único modelo. A metodologia BIM para a gestão de projetos de construção é uma alternativa que permite a redução da incerteza.

Nesta pesquisa um modelo simples de uma casa de um andar será desenvolvido como um estudo de caso, baseado nas sete dimensões (Idéia, Esboço, Visualização 3D, Tempo, Custo, Simulação de Comportamento Energético e Sustentabilidade e Gerenciamento do Ciclo de Vida) de um Projeto de Construção que permite ter menos incerteza e ajudar nas decisões relativas ao projeto.

Palavras-chave— BIM, Coordenação, Controle, Gerenciamento de Projetos de Construção, Gerenciamento de Projetos, Interoperabilidade, Sete Dimensões.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia los proyectos de construcción están presentando muchos inconvenientes y errores por una falta de planificación y control en el momento de la construcción y posterior a la entrega, generando pérdidas económicas y retrasos que se pueden evitar, y "Colombia frente a otros países tiene brechas enormes que se necesitan comenzar a cerrar. Es así como la transformación digital presenta una gran oportunidad para mejorar la eficiencia del sector" (Erika, 2018) y por esto, es necesario un gerente de proyectos, el cual debe ser la persona que analiza todas las situaciones "Con el fin de maximizar beneficios y poder usarlos en el desarrollo del trabajo, facilitando la coordinación y control del proyecto incrementando la eficiencia operacional" (Menéndez, 2016), "integrando al ciclo de vida del proyecto, en sectores industriales, disciplinas y especialidades, aclarando las complejas actividades realizadas durante la colaboración multidisciplinaria"(Succar, Sher, & Williams, 2013). Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario un cambio virtual más allá del 3D con un método multidimensional donde se imita el proceso real de la construcción centralizando la información en un único modelo, realizando simulaciones y detectando conflictos lo que lleva a ir "evolucionando hacia una nueva alternativa, mas eficiente y eficaz dando una respuesta a la demanda actual por parte de los gerentes de construcción".(Menéndez, 2016).

De igual manera se debe integrar diferentes programas computacionales, que dependa del tipo de obra de infraestructura, donde se toma en cuenta posibles variables y teniendo así, "ventajas competitivas sobre plataformas como el CAD, lo cual demuestra ahorro significativo en proyectos de inversión y esto puede evidentemente, llevar al cambio de paradigmas" (Ocampo, 2015).

Es importante que se adopte una metodología para la gestión de proyectos de construcción que permitan reducir la incertidumbre para evitar posibles errores, contratiempos y facilitar la comunicación en el entorno de la empresa, mediante la transformación digital en entorno a la metodología de trabajo "**BIM (B, Building :edificio, edificación, construcción; I, Información: información, datos; M, Modeling: modelado, simulación de los elementos tangibles)**, surgió como una solución para facilitar la integración y gestión de la información a lo largo

del ciclo de vida del proyecto, proporcionando mejores oportunidades en el uso de los datos de diseño disponibles para análisis del rendimiento” (Lu, Wu, Chang, & Li, 2017), teniendo así una forma de planeación y ejecución de los proyectos. “Se ha considerado por muchos como una oportunidad significativa en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC)” (Wong & Zhou, 2015). De esta manera es importante tomar la iniciativa regional en la implementación de **BIM** lo que implica el conocimiento del estado del arte sobre como son los sistemas de trabajo (Ocampo, 2015). La cual ofrece una serie de beneficios, entre ellos una mayor eficiencia, precisión, rapidez, coordinación, coherencia, 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)” (Enshassi & AbuHamra, 2016).

Es necesario implementar de manera adecuada la metodología de trabajo **BIM** la cual es” comumente asociada ha el diseño, pero es en la gestion de proyectos de construcción en donde se proyecta con mayor fuerza. Se puede considerar como un proceso colaborativo dirigido a equipos multidisciplinarios con capacidades tecnicas adecuadas para cada proyecto”, (Menendez, 2016). En este artículo se implementa la metodología BIM, para una vivienda de un piso en la ciudad de Tunja, adoptando como estudio de caso, bajo las siete dimensiones de un proyecto de construcción, elaborando un modelo paramétrico utilizando diferentes programas computacionales con el fin de verificar las ventajas que se tiene trabajando con la metodología BIM.

MATERIALES Y METODOS

A continuación se dará una descripción sobre la metodología BIM, tomando en cuenta los beneficios en la comunicación, requiriendo

de hardware, la capacidad de interpolación de programas, formatos de exportación con ayuda de plataformas virtuales y las dimensiones de un proyecto de construcción basados en la metodología BIM.

En primer lugar, es importante comprender de una manera adecuada lo que se puede realizar, los beneficios y como iniciar, de esta manera se describe la metodología, como debe ser implementada y sus parámetros.

La comunicación en Sistema tradicional vs Sistema BIM

Es importante entender las ventajas que se tiene en la metodología BIM con un sistema de comunicación colaborativo frente a un sistema tradicional de comunicación, la cual se presenta en un proyecto de construcción, lo que puede generar retrasos y desvío de información (figura 1).

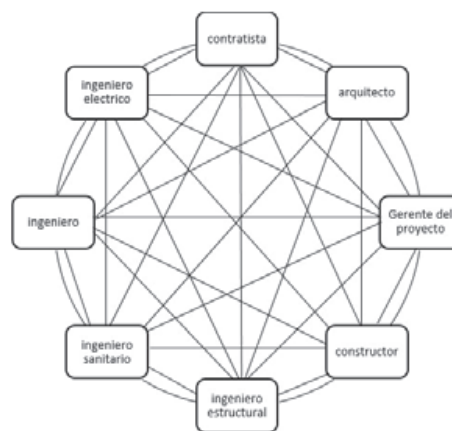


FIG. 2. PROYECTO TRADICIONAL Fuente:

En el sistema tradicional se tienen muchos canales de comunicación en los cuales se pueden presentar desinformación actualizada lo que puede repercutir en errores.

En la figura 2, se presenta el proyecto de construcción con metodología BIM información y la comunicación en un único proyecto.

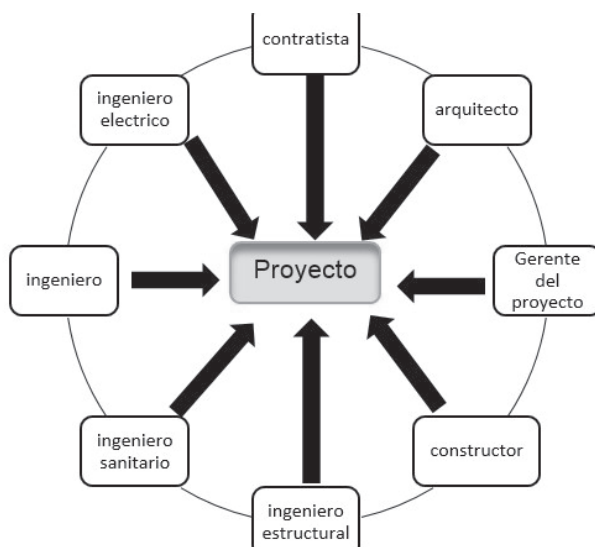


FIG. 3. PROYECTO BIM
Fuente: autor

En este sistema se reducen los canales de comunicación teniendo una interoperabilidad en el proyecto con datos actualizados.

Requerimientos de Hardware Y Software

Los requerimientos de hardware y software en la metodología BIM para los equipos de trabajo deben cumplir con requisitos mínimos;

TABLA 1. REQUERIMIENTOS DE HARDWARE
PARA ALGUNOS SOFTWARE

Software	Requisitos Mínimos de Sistema
AUTODESK REVIT	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2 GHz
AUTODESK	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 1.8 GHz
NAVISWORKS	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.3 GHz
POWER CIVIL BENTLEY	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.3 GHz

AUTOCAD CIVIL 3D	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.2 GHz
INFRAWORKS 360	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.5 GHz
TEKLA STRUCTURES	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.2 GHz
SYNCHRO	Microsoft Windows 7 SP1 64-bit: 8GB RAM 1024 x 768 como mínimo a tamaño norma Velocidad 2.2 GHz

Fuente: Fernando Lopez Filed in diciembre 1st, 2017 @ 14:37

En la tabla 1 y 2 se presentan los requerimientos mínimos que se debe tener para poder comenzar a implementar la metodología BIM.

TABLA 2. CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE RECOMENDADAS

Características	Hardware
Velocidad CPU	2.5 GHz
Memoria RAM	8GB
Resolución de pantalla	1024 x 768 como mínimo a tamaño norma
Espacio de disco	8 GB algunos necesitan más espacio

Fuente: autor

Interpolacion de Programas Computacionales

Es importante conocer programas con los que se pretende trabajar de acuerdo a empresas de construcción como la empresa ARUP que presta servicios profesionales de ingeniería, diseño, planificación, gestión de proyectos y servicios de consultas. y centros de capacitación europeos. La metodología se puede entender mejor como un proceso colaborativo de diferentes especialidades.

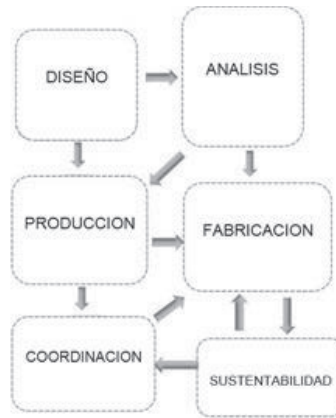
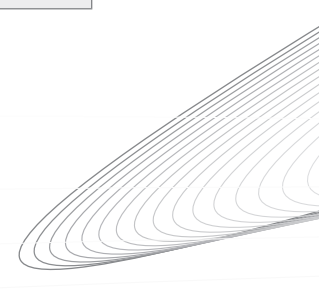


FIG. 4 POSIBLES CAMINOS CON LA METODOLOGÍA BIM
 Fuente :Gonzalez, R., (junio,2016) Retos de la adopción de BIM en los proyectos de Infraestructura lineal

En la tabla 3, se puede observar posibles programas computacionales que se trabajan en la metodología BIM según la especialidad que se requiera.

**TABLA 3. PROGRAMAS COMPUTACIONALES
 SEGÚN SU ESPECIALIDAD**

Etapas del Proyecto	Software
DISEÑO	Autocad, Bentley MicroStation, Revit, Autocad civil 3D AECOSim v8, Archicad ALLPLAN Rhinceros 3D.
ANALISIS	SAP2000, ETABS, ArcGis MagiCAD DIALux CANECOBIM, WaterCAD Sewer CAD tekla structures
PRODUCCION	Infraworks 360 IsTram ArcGis PowerCivil Revit DIGITAL PROJECT.



COORDINACION	SMC	Presto Costo Navisworks Microsoft project Cost-it marq dRofus primavera SYNCHR
COLABORACION	4PROJECTS	BIM 360 Revit Sharepoint Dropbox aconex marq projectwise v8i
SUSTENTABILIDAD		ENERGY PLUS GREEN BUILDING STUDIO ECOTEC Archiphysik insight autodesk ArchiWIZARD OpenStudio

Fuente: autor

Estos no son los únicos programas computacionales pero son los más utilizados y conocidos.

FORMATOS DE EXPORTACION IFC Y PLATAFORMAS VIRTUALES

Cuando se piensa como hacer un proyecto que sea eficiente y eficaz, esta metodología es una alternativa, con la “capacidad para respaldar la estructuración e intercambio de información a través de la centralización de la información” (Chu, Matthews, & Love, 2018). Así se podrá tener datos interrelacionados para las partes interesadas.

Algo muy importante cuando se pretende hacer una red de trabajo con diferentes programas, es conocer como se pretende hacer la interoperabilidad ya que se trabaja con programas de diferentes compañías. Según el experimento que realizaron (Chu, Matthews, & Love, 2018), en el cual se evaluaron a 20 participantes con más de 1 año de experiencia en la construcción, se tuvieron resultados favorables con menos errores y menor tiempo invertido, lo que nos permite tener menor incertidumbre. Sin embargo, existe gran variedad de formatos y plataformas las cuales se ajustan dependiendo el proyecto que se realice como por ejemplo:

1. Formato IFC

Industry Foundation Classes (IFC) proporciona un entorno de interoperabilidad entre IFC-obediente aplicaciones de software en la arquitectura, ingeniería, construcción y administración de instalaciones (Drury, Bazjanac, & Crawley, 1997), Fue desarrollado por el IAI (International

Alliance for Interoperability), predecesora de la actual Building Smart y se debe descargar e instalarlo (Building SMART .2017).

IFC es uno de los formatos de información de construcción prevalentes que respaldan BIM” (Ahn, Kim, Park, Kim, & Lee, 2014), pero no es el único, debido a que existen varios formatos con los que se puede trabajar, como IDF, SAI, “Formato de archivo DXF (*.dxf), Integración en Autodesk (**Dlubal Software** (2018), El cual ayuda en el proyecto. Según buildingSMART se basa en datos comunes que hace posible intercambiar datos relevantes entre diferentes aplicaciones de los programas que se trabajen en el proyecto. Esto determina el trabajo colaborativo con BIM.

Todos los datos están codificados en estos formatos según blogs que presentan en bitáculas, en los que se presentan conocimientos técnicos y software sobre arquitectura e ingeniería y construcción.

Está demostrado que el IFC desarrollado proporciona una plataforma eficaz para compartir datos e intercambiar información relacionada con la calidad y otras aplicaciones que cumplen con la IFC (Ding, Li, Zhou, & Love, 2017).

Este formato se utiliza principalmente para fusionar toda la información relacionada con estas acciones en gráficos semánticos, extraer algunas vistas comerciales del proyecto combinando la información recopilada durante el ciclo de vida (Vanlande, Nicolle, & Cruz, 2008).

2. Colaboración por Medio de Plataformas Virtuales

Es una plataforma en la cual se centraliza la información técnica modelada sobre el proyecto en la cual los interesados podrán tener acceso desde cualquier dispositivo, con solo tener conexión a internet para poder realizar marcas de revisión. La información puede estar restringida para que no se realicen

cambios por personas que no tienen el conocimiento técnico.

DIMENSIONES DEL PROYECTO

Para empezar un proyecto con la metodología BIM se debe tener en cuenta las fases de planeación, diseño, ejecución y control en primer lugar se debe conocer las dimensiones de un proyecto de construcción. Lo adecuado en un proyecto sería trabajar siete dimensiones las cuales se explican a continuación.

1. Primera Dimensión (1D) *La Idea:*

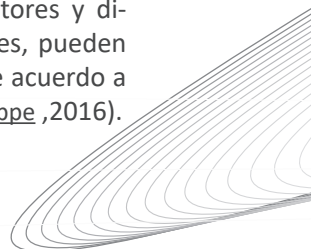
La primera dimensión y la más básica en un proyecto es la idea donde se inicia un proyecto, donde se piensa como se realizará y como será para la toma de decisiones preliminares. “Con los correspondientes estudios de viabilidad, primeros croquis y estimaciones, se *tomarán* las bases del futuro proyecto” (García, 2017).

2. Segunda Dimensión (2D) *El Boceto:*

La segunda dimensión comienza a poner en marcha la idea donde se realizan los estudios proyectados, mediante cálculos y diseños, se establecen, “estimaciones de costes, pre-dimensionamientos del proyecto a definir” (García, 2017). Se “Preparan los programas computacionales para modelar; planteando los materiales. Se definen las cargas estructurales y energéticas y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto” (Sánchez, 2017).

3. Tercera Dimensión (3D) *Visualización del Modelo De Información Del Edificio:*

En esta dimensión se comienza a evidenciar las anteriores dimensiones con una visualización donde se representa todo el modelo con su geometría. “En este modelo los arquitectos, ingenieros, constructores y directores, entre otros profesionales, pueden recoger o generar información de acuerdo a sus necesidades” (Hildebrandt Gruppe, 2016).



4. Cuarta Dimensión (4D) Programación de tiempos:

En esta dimensión se debe tener claro el proyecto, teniendo en cuenta la secuencia de construcción o evolución. La toma de decisiones para prevenir contra tiempos en las obras de construcción. “Los modelos 4D son una alternativa útil para proyectar herramientas de programación como redes de CPM (rutas críticas) y gráficos de barras. Esto permite a los usuarios comprender rápidamente un horario e identificar problemas potenciales” (Candelario-Garrido, García-Sanz-Calcedo, & Reyes Rodríguez, 2017), con una simulación constructiva del proyecto corrigiendo posibles problemas a futuro por medio de un plan de ejecución.

5. Quinta Dimensión (5D) Costo:

La quinta dimensión de esta metodología es la más llamativa de todas porque se habla del dinero que se va a invertir en el proyecto, “es capaz de utilizar modelos electrónicos para proporcionar estimaciones detalladas y planes de costo de vida en tiempo real” (Smith, 2014). Según Mitchell (citado por Smith, Peter 2016) un gerente de costos puede hacer esto extremadamente rápido, un número infinito de veces y en una complejidad de combinaciones (Smith, 2016) con diferentes cantidades de materiales estimando los costos.

6. Sexta Dimensión (6D) Simulación Del Comportamiento Energético Y Sustentabilidad:

Sexta dimensión en la que se presenta un tema muy importante y valor agregado a las construcciones que es el tema de sustentabilidad, simulando así el posible comportamiento energético, permitiendo un análisis para la toma de decisiones técnicas y tecnológicas para optimizar el consumo de energía y reducir así los daños al medio ambiente (Hildebrandt Gruppe, 2016). “BIM 6d esta principalmente orientado a mejorar el rendimiento del ciclo de vida del proyecto”

(Nicał & Wodyński, 2016), con la ubicación adecuada permitiendo así una integración de la estructura con el entorno. También se podrá llamar de esta manera Green BIM (BIM VERDE).

7. Séptima Dimensión (7D) Operaciones Gestión de Ciclo De Vida:

Séptima y última dimensión de esta metodología en donde ya se evidencia todas las dimensiones anteriores y se “entrega un control logístico y operacional para el uso y mantenimiento del edificio” (Hildebrandt Gruppe, 2016), para poder ser utilizada cuando se encuentre en funcionamiento. Se contará con un modelo virtual de la construcción que contendrá toda la información relevante del proyecto, como instalaciones y procesos constructivos para los implicados en el proyecto. Esto permitirá gestionar mantenimientos antes de que ocurran fallas en los sitios adecuados.

RESULTADOS

A continuación, se presenta la metodología BIM e Interacción de un proyecto de construcción en sus siete dimensiones, en dos computadores portátiles, tomando como secuencia se iniciará conociendo la idea del cliente al que se le realiza el proyecto que tiene como fin dar a conocer las ventajas que se tendrá con un ejemplo práctico de un modelo virtual de la construcción para este estudio de caso.

Antes de iniciar con la implementación de las siete dimensiones, se define la plataforma por la cual los interesados mantendrán comunicación y estarán los archivos del proyecto. La coordinación del proyecto se fundamentó en plataformas virtuales que permiten el trabajo colaborativo. Se utilizó BIM 360 TEAM, enfocando más el trabajo con REVIT collaboration for REVIT, donde se trabajó de forma simultánea los archivos en formato REVIT. Pero también se compartieron los archivos en formatos que proporcionan los programas como ETABS, EXCEL, Naviswork,

Microsoft Project, ArchIWIZARD para que los interesados y especialistas en el tema los tengan disponibles.

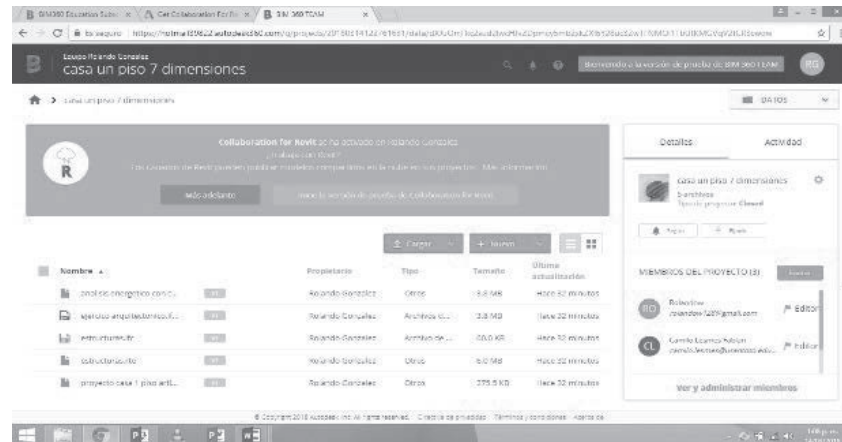


FIG.4. PLATAFORMA COLABORATIVA BIM 360
Fuente: autor

1. Primera Dimensión (1D) La Idea:

Construir una casa de un piso con ciertas características, las cuales son 7 ventanas, 2 habitaciones, cocina, sala y comedor, con altura de la construcción de 2.5 metros, en la ciudad de Tunja con una temperatura promedio de 15 grados centígrados, en un área de 6 metros de frente y 15 metros de fondo desarrollando de acuerdo a la normativa colombiana NSR-10 siendo Tunja una zona sísmica intermedia.

2. Segunda Dimensión (2D) El Boceto:

El boceto se realiza a mano con una vista 2d de lo que se quiere hacer para comenzar a plasmarlo y tener una mejor impresión de lo que se propone.

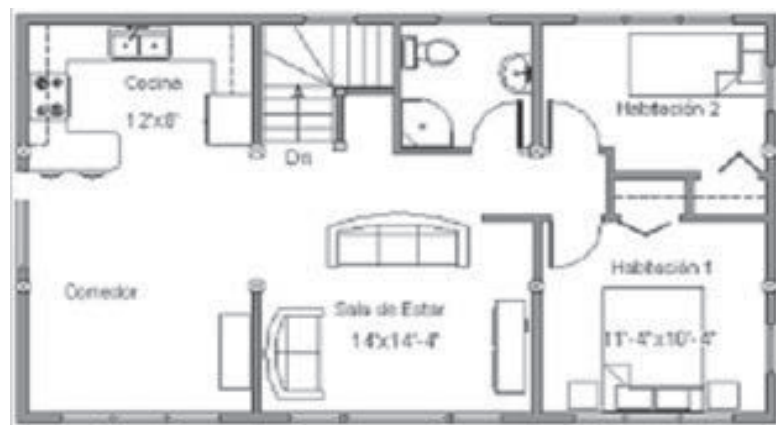


FIG. 5. BOCETO IMAGEN DE LA IDEA
Fuente: Autor

Con ayuda del boceto el cual se guarda como imagen después de haber sido escaneado se puede importar de manera directa a Revit para que se trabaje sobre el o como guía de lo que se quiere.

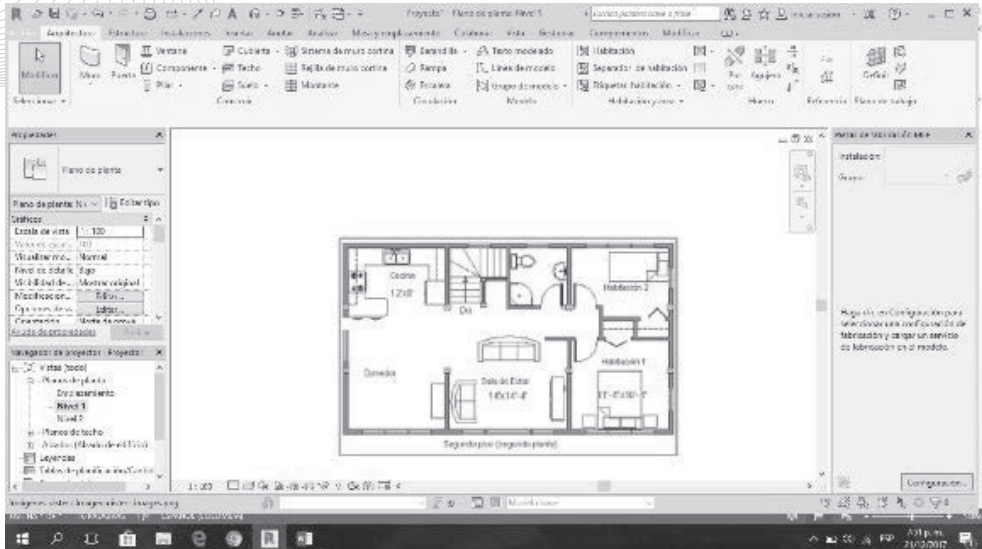


FIG. 6. IDEA REALIZADA EN REVIT 2D
Fuente: autor

3. Tercera Dimensión (3D) Visualización del Modelo de Información Del Edificio:

Se comienza a evidenciar la idea mediante una simulación 3D en Revit y en esta dimensión se puede identificar que se tiene más participación colaborativa y teniendo una información de un modelo inicial, la cual será compartida de manera segura a los interesados.

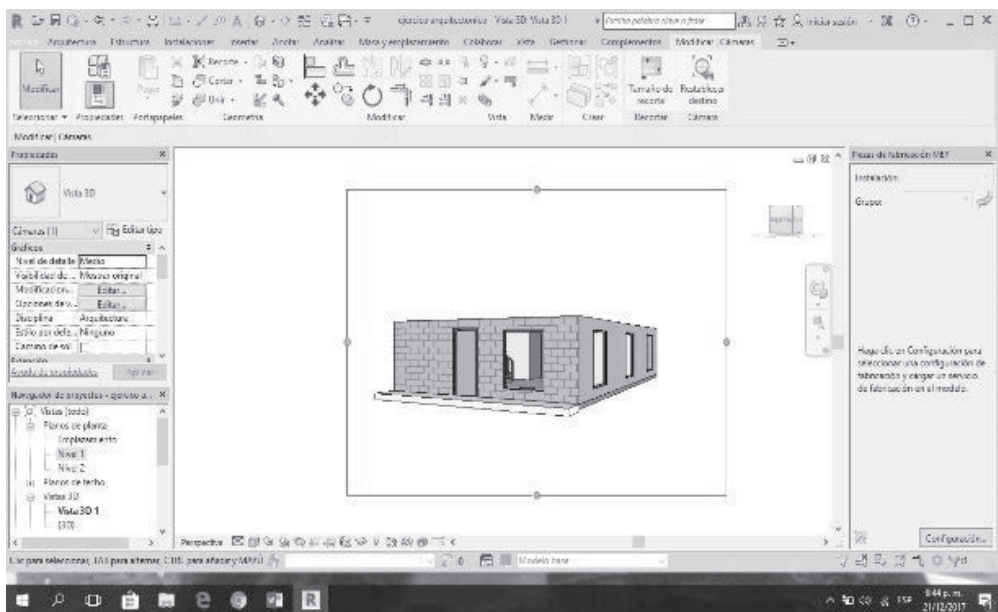


FIG. 7. PRIMERA IMPRESIÓN EN 3D EN REVIT
Fuente: autor

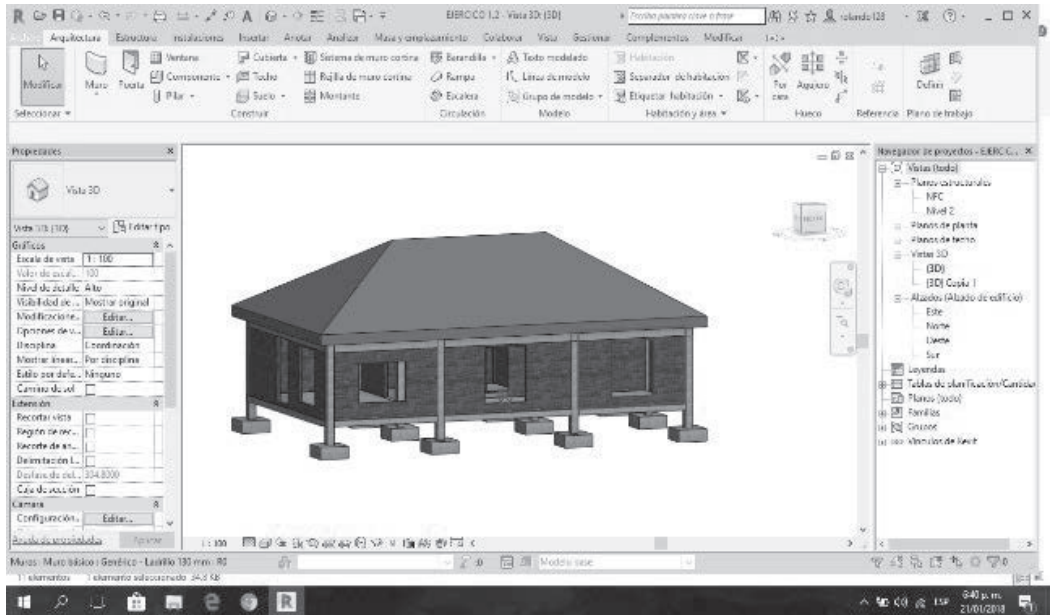


FIG. 8. DISEÑO LISTO PARA SER EXPORTA PARA UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN ETABS
Fuente: autor

Teniendo un modelo el cual se visualiza en Revit se desea hacer el análisis estructural, con un software que no pertenece a la misma compañía que Revit como ETABS para el análisis estructural y para ahorrar tiempo se importa Revit a ETABS utilizando una de sus extensiones para exportar archivos como lo es en formato IFC comenzando con la interpolación de software en una plataforma virtual.

Se plantea un sistema estructural de pórticos el cual es definido en el modelo en Revit, se parametriza para un análisis del comportamiento en ETABS.

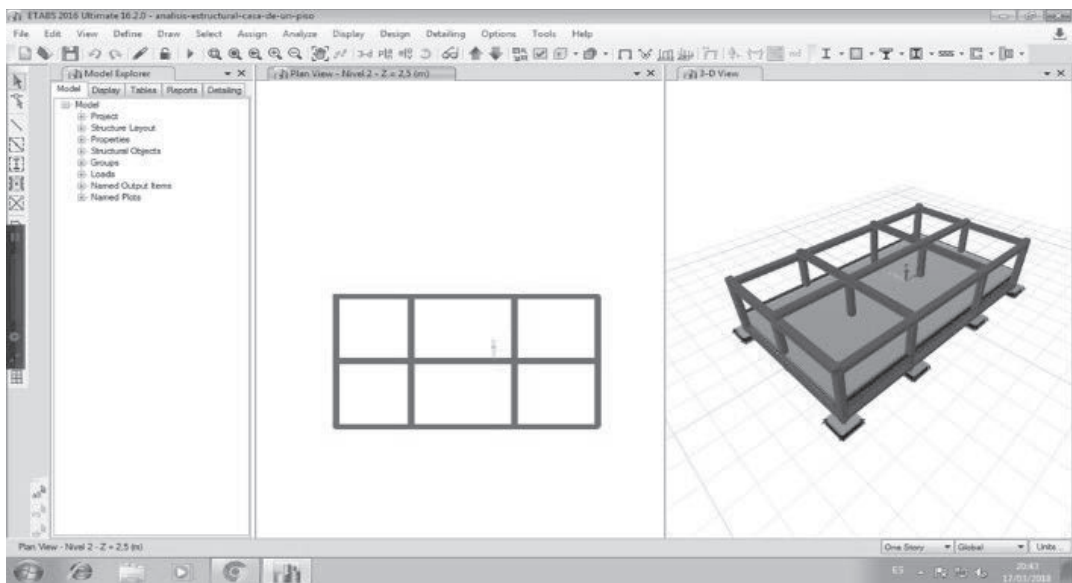


FIG. 9. MODELO IMPORTADO E INTERPOLADO CON ETABS PARA ANÁLISIS ESTRUCTURAL
Fuente: autor

4. Cuarta Dimensión (4D) Programación de tiempos:

En esta dimensión se trabajará tres softwares para tener una coordinación y control del proyecto durante todo el ciclo de vida de este. En primer lugar, se *importará* el archivo inicial desde Revit a Navisworks y de Microsoft Project 2013 se importa el cronograma y así de esta manera se genera un archivo en el cual se podrá simular la construcción de acuerdo a lo planificado.

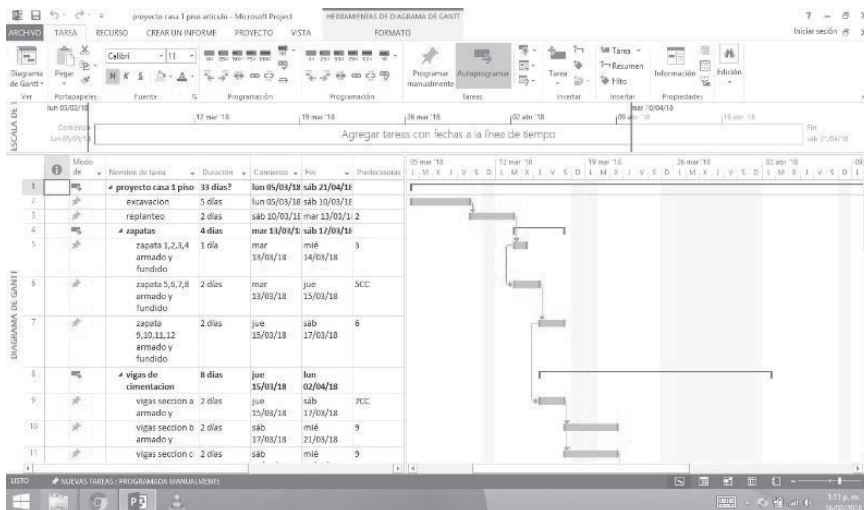


FIG. 10. CRONOGRAMAS DE OBRA EN PROJECT
Fuente: autor

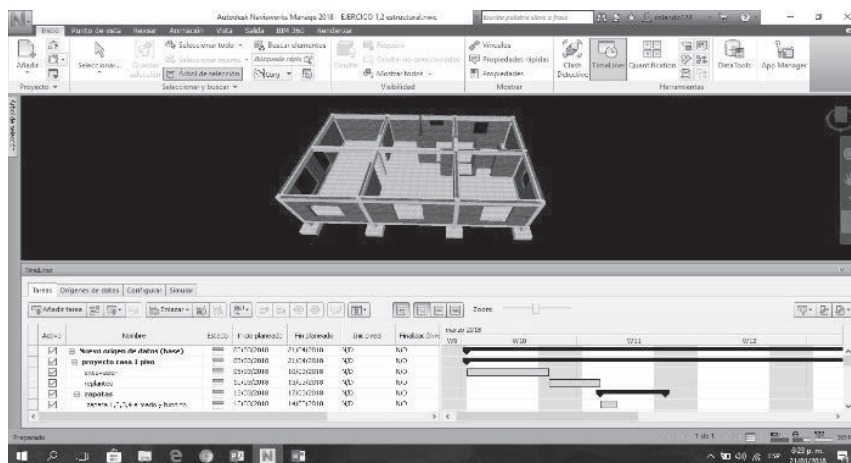


FIG. 11. INTERPOLACIONES DEL CRONOGRAMA Y EL DISEÑO EN NAVISWORKS PARA SIMULACIÓN
Fuente: autor

5. Quinta Dimensión (5D) Costo:

En la quinta dimensión ya se tiene un modelo el cual ha sido evaluado y simulado en el que verifica cantidades y se plantean correcciones. Se trabajó con el software Revit para calcular las cantidades y demás detalles, si son de interés como la resistencia térmica y descripción del mismo. Para ilustrar, se toma los muros como ejemplo: cantidades y costos esta información se puede de manera rápida y la cual se puede exportar.

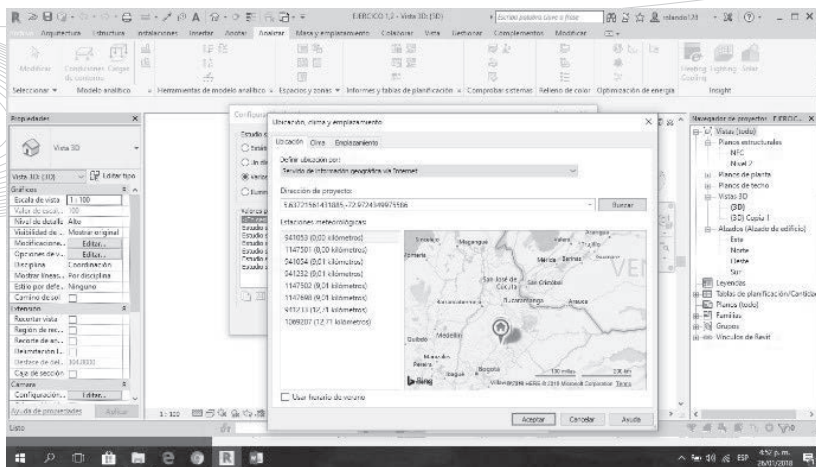


FIG. 14. UBICACIÓN DEL PROYECTO
Fuente: autor

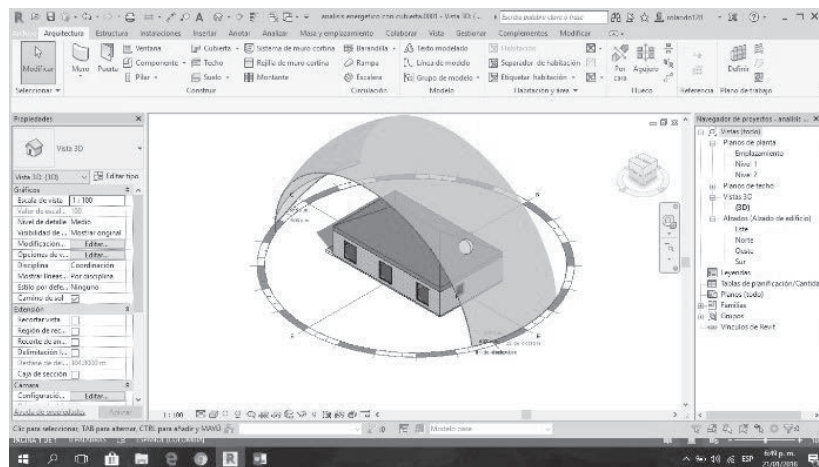


FIG. 15. SIMULACIÓN DE LA LUZ SOLAR Y SOMBRAS
Fuente: autor

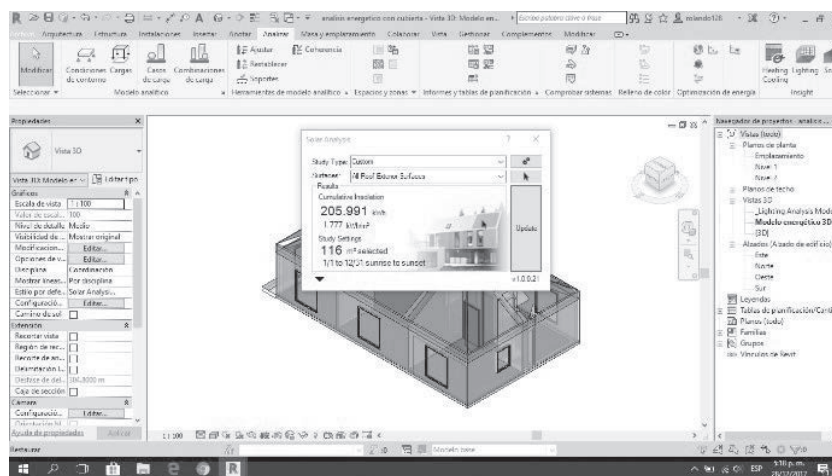


FIG. 16. ANÁLISIS SOLAR QUE PRESENTA LA CASA
Fuente: autor

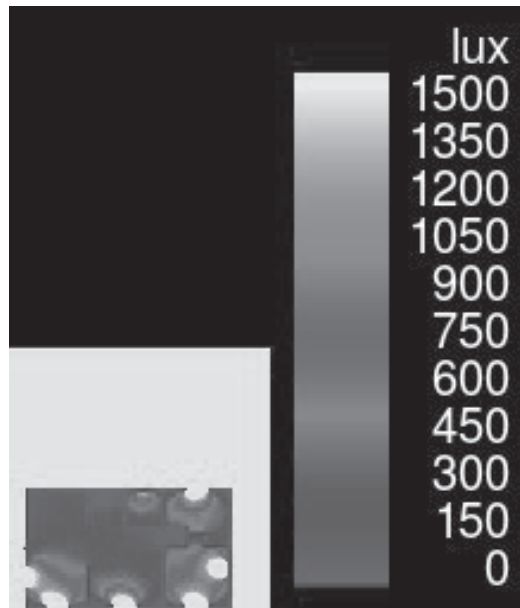


FIG. 17. LUZ QUE LLEGA A CADA LUGAR DE LA CASA
Fuente: autor

Para las emisiones de carbono se tomó en cuenta el análisis que hace REVIT con una de sus extensiones INSIGHT en Autodesk teniendo como resultado.

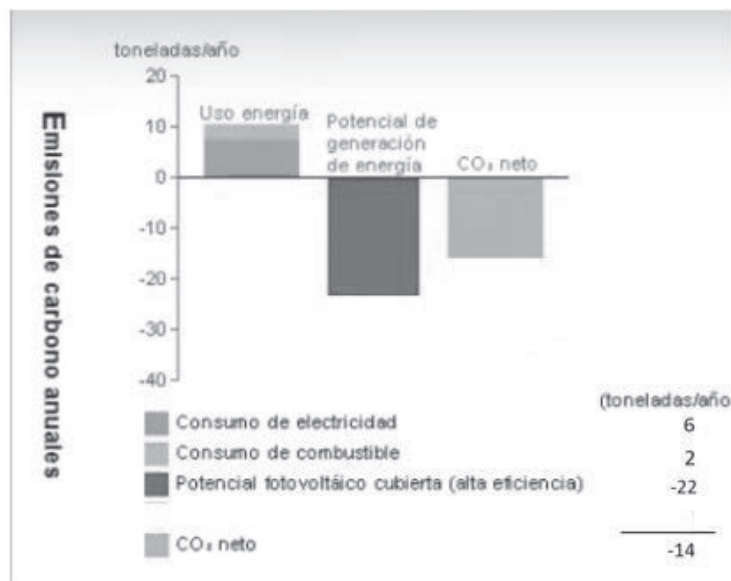
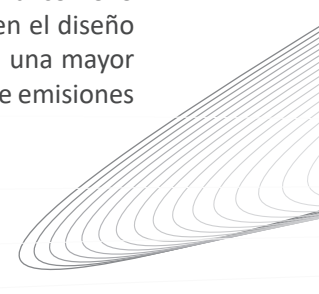


FIG.18. EMISIONES DE CARBONO
Fuente: autor

Para una mejor practica sobre el tema se implementa otro programa computacional como lo es ArchiWIZARD, donde se realizó el análisis energético para la casa propuesta, en el diseño se tomó en cuenta los beneficios que se tiene agregando 8 paneles solares para una mayor eficiencia y disminución de consumo eléctrico lo que conllevara a la disminución de emisiones de carbono.



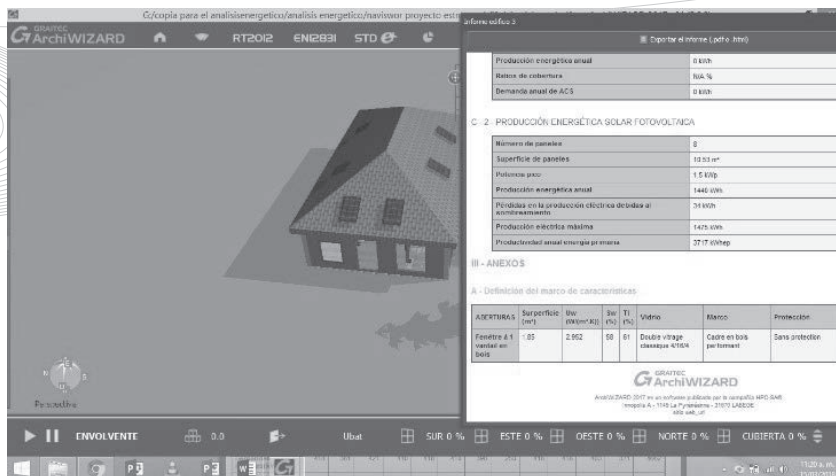


FIG.19. ANÁLISIS ENERGÉTICO ARCHIWIZARD
Fuente: autor

7. Septima Dimensión (7D) Operaciones Gestión de Ciclo de Vida

Esta dimensión es considerada el soporte del trabajo que se realizó durante todo el ciclo de vida del proyecto y para este proyecto no aplicaría ya que es un estudio de caso.

El resultado de esta dimensión es aplicable cuando la casa está construida donde se presentará archivos digitales, que en la construcción son necesarios, para así tener un conocimiento de lo que se hizo y los lugares exactos donde quedan las instalaciones y el sistema estructural ya que son de mucha utilidad para un posible mantenimiento que se realicen con personas que no hubieran participado en el proyecto.

De esta forma se tiene un soporte con planos, visualización 3D, análisis de costos, análisis energético, simulación del proceso constructivo virtual. En la plataforma virtual BIM 360 permitiendo interactuar en el momento que se desee por medio de Tablet, celular o computadores.

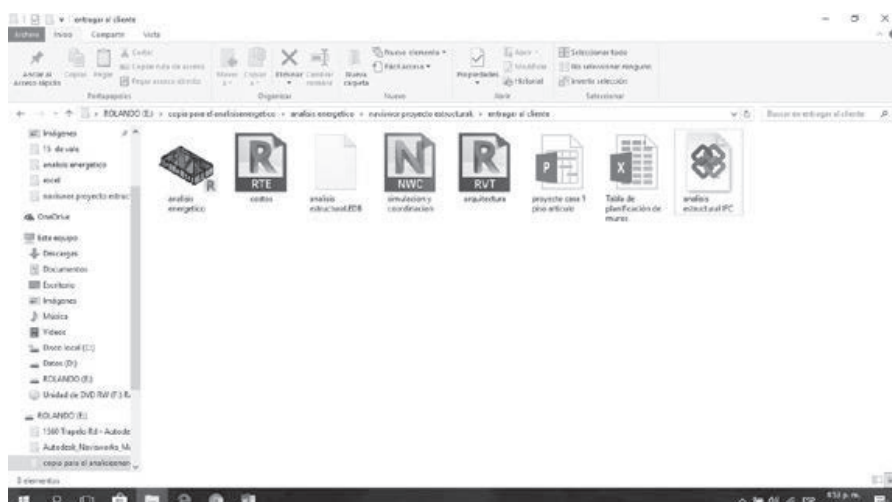


FIG. 20 ARCHIVOS PARA UN CONTROL LOGÍSTICO Y OPERACIONAL
Fuente: autor

DISCUSIÓN

La metodología BIM en la construcción puede garantizar la optimización en el proyecto, manteniéndose bajo los principios de la gerencia como lo son: la planeación, organización, coordinación y control durante todo el ciclo de vida del proyecto, en las cuales se toman en cuenta las siete dimensiones teniendo un modelo informático multidisciplinario que permite a los interesados estar informados de cualquier novedad o modificación que se presente.

Los resultados obtenidos en este proyecto bajo las dimensiones, presentan gran satisfacción al tener información de gran relevancia que ayuda a la toma de decisiones, para los interesados sobre el proyecto, siendo una revolución en la gestión gerencial con ayuda de la tecnología, siendo más precisos y eficientes si se trabaja con responsabilidad gracias a la simulación previendo posibles inconvenientes.

Cuando se maneja de forma adecuada una simulación de información de construcción con una planeación y organización, se permite coordinar y controlar de la mejor manera, ayudando a tener menor incertidumbre lo que equivale a menos errores.

BIM permite un trabajo multidisciplinario colaborativo con los interesados en el proyecto compartiendo información y tomando decisiones en tiempo real, mejorando la visión global del proyecto mediante la simulación.

Esta metodología permite generar y tener documentación durante el ciclo de vida proyecto.

CONCLUSIONES

En este artículo se demuestra la realización de un proyecto de construcción, en el cual se evidencia una mayor eficiencia, en métodos de gestión para proyectos construcción, utilizando la metodología BIM con respecto

a la tradicional, donde mejora las canales de comunicación.

Es recomendable que el primer proyecto que se realice con la metodología sea pequeño para poder entender las etapas y las deficiencias que puedan presentarse mientras se adoptan la metodología de manera óptima.

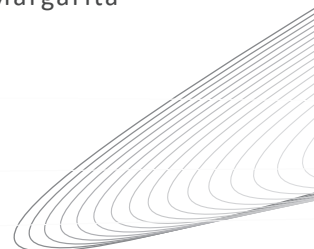
Es de gran importancia cuando se quiera implementar la metodología BIM que el trabajo cuente con un espacio y equipos adecuados que soporten el trabajo y las personas involucradas tengan conocimiento técnico de los programas computacionales y del proyecto que se va a realizar.

La aplicación de BIM para la planeación, coordinación y control de tareas, es una opción adecuada para el bien de la claridad, la organización y la facilidad de manejo de la ejecución.

Se observaron durante la aplicación, posibles conflictos en espacio y tiempo lo cual se evaluó para la toma de decisiones, con en el fin de que el proyecto se realice de acuerdo a la idea propuesta, tomando en cuenta cada una de las dimensiones.

REFERENCIAS

1. Erika. (21 de Febrero del 2018). Transformación digital en el sector de la construcción en Colombia. Recuperado de <http://blogs.autodesk.com/latam/2018/02/21/transformacion-digital-en-el-sector-de-la-construccion-en-colombia/>
2. Menéndez, M. C. (2016). Incorporación de Metodología BIM en la Gestión Integrada de Proyectos. Trabajo Fin de Master: España: Laurate International Universities. Recuperado de http://bimchannel.net/wp-content/uploads/2017/01/201701_TFM_Margarita-Cárdenas.pdf



3. Succar, B., Sher, W., & Williams, A. (2013). An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. *Automation in Construction*, 35, 174–189. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580513000836>
4. Ocampo, J. G. (2015). La Gerencia Bim Como Sistema Bim As the Management System. *Revista Gerencia Tecnológica Informática*, 14(38), 17–29. Recuperado de <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistagti/article/view/4868/5668>
5. Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Revista Automation in Construction*, 83(August), 134–148. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658051730095X>
6. Wong, J. K. W., & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM. *Revista Automation in Construction*, 57, 156–165. <http://hdl.handle.net/10397/17663>
7. Nshassi, A., & AbuHamra, L. (2016). An investigation of building information modelling functions in the Palestinian construction industry. *Revista Ingenieria De Construccion*, 31(2), 127–138.
8. Lopez Filed, F. (2017). Ilustración eadid formación y consultoría. [Figura]. Recuperado de <http://www.eadic.com/ingenieria/arquitectura/>
9. Gonzalez, R., (junio,2016) Retos de la adopción de BIM en los proyectos de Infraestructura lineal: El reto de implementar BIM en proyectos de infraestructura .En E. Juan Antonio Santamera (presidente) jornada llevada a cabo en I jornada BIM colegio de caminos, canales y puertos jornada BIM el futuro de las infraestructuras, Madrid España.
10. Chu, M., Matthews, J., & Love, P. E. D. (2018). Integrating mobile Building Information Modelling and Augmented Reality systems: An experimental study. *Revista Automation in Construction*, 85(October 2017), 305–316. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517301218>
11. Drury, B., Bazjanac, V., & Crawley, D. B. (1997). The Implementation of Industry Foundation Classes in Simulation Tools for the Building Industry. University of California. Recuperado de <https://escholarship.org/uc/item/76c6z6g4>
12. Building SMART International home of openBim. (2017). IFC Introduction. Recuperado de <https://www.Buildingsmart.org/about/what-is-openbim/ifc-introduction/>
13. Dlubal Software. (2018). Planificación eficiente con BIM). Recuperado de <https://www.dlubal.com/es/soluciones/areas-de-aplicacion/planificacion-orientada-a-bim/que-es-el-bim>
14. Ding, L., Li, K., Zhou, Y., & Love, P. E. D. (2017). An IFC-inspection process model for infrastructure projects: Enabling real-time quality monitoring and control. *Revista Automation in Construction*, 84(April), 96–110. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580517303783>
15. Vanlande, R., Nicolle, C., & Cruz, C. (2008). IFC and building lifecycle management. *Revista Automation in Construction*, 18(1), 70–78. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580508000800>
16. García Fernández, M. (2017, Junio de 2017). Dimensiones BIM e I alcance del programa. Recuperado de <https://online.revitalacarta.com/2017/06/06/dimensiones-bim-alcance-del-programa/>

17. Sánchez Ortega, A. (2016, Diciembre, 9). Blanca –BIM y las 7 dimensiones. Recuperado de <https://www.espacio-bim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d/>
18. HildebrandtGruppe. (2016). Profundidad de las dimensiones BIM en proyectos de alta complejidad. Recuperado de <http://www.hildebrandt.cl/dimensiones-bim-proyectos-de-alta-complejidad/>
19. Candelario-Garrido, A., García-Sanz-Calcedo, J., & Reyes Rodríguez, A. M. (2017). A quantitative analysis on the feasibility of 4D Planning Graphic Systems versus Conventional Systems in building projects. *Revista Sustainable Cities and Society*, 35(August), 378–384. C. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717301312>
20. Smith, P. (2014). BIM & the 5D Project Cost Manager. *Revista Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 475–484. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021442>
21. Smith, P. (2016). Project Cost Management with 5D BIM. *Revista Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 226(October 2015), 193–200. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816308655>
22. Nicał, A. K., & Wodyński, W. (2016). Enhancing Facility Management through BIM 6D. *Revista Procedia Engineering*, 164(June), 299–306. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816339649>

