



**FC**  
Facultad de  
Construcciones

Departamento de Ingeniería Civil

## TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Acercamiento a la metodología BIM. Software REVIT aplicado a proyectos de ingenierías. Empresa Idear Cienfuegos.

Autor: Vladimir Torres Rodes

Tutor: Dr. Armando Juan Velázquez Rangel

Santa Clara, Junio, 2019  
Copyright©UCLV

**UCLV**  
Universidad Central  
"Marta Abreu" de Las Villas



**FC**  
Facultad de  
Construcciones

Academic Departament of Civil Engineering

## **DIPLOMA THESIS**

Title: Approaching to the BIM Methodology. Software REVIT used in engineerings projects. Enterprise Idear Cienfuegos

Author: Vladimir Torres Rodes

Thesis Director: Dr.Armando Juan Velázquez Rangel

Santa Clara, Junio, 2019  
Copyright © UCLV

---

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

---

## PENSAMIENTO

**Nunca dejes de empezar nuevas metas y perseguir nuevos sueños,**

**Sigue intentado, supérate cada día**

**Y cada vez que te equivoques aprende del error y empieza de nuevo.**

---

## DEDICATORIA

A mi mamá y papá que en este momento están más contentos que yo por estar graduándome hoy, que me han ayudado todos estos años con su apoyo y mucho amor, que han creído en mí en momentos en que ni yo mismo lo hacía, que han hecho posible que esté hoy aquí dándome cuenta de que todo esfuerzo valió la pena solamente por la satisfacción de regalarles este momento.

A mis abuelos y familiares en general por todo su apoyo incondicional y confianza permanente en mí.

A mis amigos que han estado presente todos estos años

Gracias a todos.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quisiera agradecerle a mis padres, abuelos y familia en general por todo su apoyo incondicional y motivación que me han brindado en este largo proceso que no son solamente cinco años sino toda una vida.

A mis amigos del cuarto 207, Osniel, Fernando, Adrián, Aldo, Hansel, Víctor y Javier con los que he compartido en estos cinco años momentos buenos y malos y ya son parte de mi familia.

A mi tutor el profesor el Dr. Armando Juan Velázquez Rangel por su gran ayuda en la realización de este trabajo.

Al Arq. Lázaro Abel Acosta Monzón, trabajador de IDEAR en Cienfuegos, por su asesoramiento en la realización de esta tesis.

A todos, gracias.

---

## RESUMEN

El trabajo muestra primeramente un estudio bibliográfico del modelo BIM, exponiendo todas sus características fundamentales, ventajas y limitaciones, forma de trabajo, cambio que supone respecto al método tradicional y la ventaja de poseer un modelo virtual 3D en todo el ciclo de vida de un proyecto. Las nuevas tendencias actuales de las empresas de construcción y su desarrollo constante en este modelo hacen que sea necesario un estudio y capacitación en este sentido, reflejando la necesidad de introducir su estudio en el plan docente de la carrera de Ingeniería Civil en I<sup>a</sup> Universidad “Marta Abreu” de Las Villas.

Se realiza un plan de implementación BIM para la empresa IDEAR en Cienfuegos, partiendo de un análisis detallado de sus características, proyecciones, capacitación y presupuesto con que cuenta; se expone también la situación del BIM en empresas del territorio y su proyección de cara a la implementación en las mismas.

Con la realización del caso práctico “Panadería Dulcería” en REVIT, apreciamos las ventajas que nos brinda el programa al poseer un modelo virtual 3D sobre el cual trabajamos para obtener el tiempo y costo (4D y 5D) de una forma más eficiente y rápida. Se realiza el flujo de trabajo para este proyecto con los softwares AUTODESK REVIT, STAAD Pro y el EXCEL, logrando intercambiar información entre los mismos, pero sin llegar a la interoperabilidad deseada y la inclusión de todas las especialidades.

---

## ABSTRACT

First this work shows a bibliographic analyze about the BIM model, showing all its main characteristics, advantages and limitations, work forms, change that supposes respect to the traditional method and the advantages of possessing a 3D virtual model throughout of the life cycle of a Project. The news current trends of the construction companies and its constant development in this model, make the study and training very important, reflecting the necessity of introducing its study in the teaching plan of the Civil Engineer career at the University “Marta Abreu” de las Villas. We are going to make an Implementation BIM plan for the Idear Company in Cienfuegos, started from an analyze about his characteristics, projections, skills and budget; we show too the BIM situation of territory companies and its projections about BIM. With the practice case “Panadería Dulcería” in REVIT we are going to see the advantages which give the program for having a 3D virtual model, allowing us to work in an easy and efficient way the cost and time of a project. It is recognized the work flow for this project with the softwares AUTODESK REVIT, STAAD Pro and EXCEL reaching to change Information between them, without to get the wished interchange.



---

Índice:

PENSAMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>Marco Teórico</b> .....	3
CAPÍTULO 1. Revisión bibliográfica sobre el tema del BIM .....	5
1.1 ¿Qué es BIM? .....	5
1.1.1 Concepto .....	5
1.1.2 Características .....	7
1.2 Camino hasta el BIM .....	7
1.2.1 Origen y Desarrollo .....	7
1.3 Estado actual del BIM en el mundo .....	10
1.4 Cambio que supone respecto al sistema CAD.....	21
1.4.1 Diferencias (CAD vs BIM) .....	21
1.4.2 Ventajas y limitaciones .....	26
1.5 Implementación del BIM .....	31

---

1.5.1 Aspectos organizacionales .....	31
1.5.2 Software y Hardware .....	42
1.5.3 Dimensiones .....	47
1.6 Metodología y herramientas .....	48
1.6.1 Niveles del BIM .....	48
1.6.2 Trabajo colaborativo .....	50
1.6.3 IFC Interoperabilidad .....	54
1.6.4 Modelación Digital 3D .....	55
1.6.5 Modelado paramétrico .....	56
1.6.6 LOD (Level of Detail) o nivel de desarrollo .....	57
1.7 Conclusiones parciales del capítulo 1 .....	59
CAPÍTULO 2. Plan de implementación BIM en la empresa IDEAR .....	61
2.1 Situación actual del BIM en la provincia de Cienfuegos .....	61
2.2 Situación actual del BIM en la empresa IDEAR .....	62
2.3 Plan de implementación BIM en la empresa IDEAR .....	64
2.3.1 Análisis general de la empresa para elaborar la propuesta de metodología .....	66
2.3.2 ¿Por qué es necesaria la implementación del BIM en IDEAR? .....	68
2.3.3 Metodología .....	69
2.3.4 Factores principales .....	73
2.3.5 Estrategia BIM .....	74
2.4 AUTODESK REVIT .....	77
2.4.1 Plataforma de REVIT .....	77
2.5 Conclusiones Parciales del Capítulo 2 .....	78
CAPÍTULO 3. Aplicación a un caso real: “Panadería Dulcería” .....	80

---

3.1	Descripción del proyecto de construcción “Panadería Dulcería” .....	80
3.2	Creación del modelo BIM .....	85
3.2.1	Vinculacion del REVIT con el STAAD. Pro .....	88
3.2.2	Medicion de Tiempo y Costo(4D y 5D) .....	91
3.3	Flujo de Trabajo .....	94
3.3	Conclusiones Parciales del Capítulo 3 .....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		97
Conclusiones .....		97
Recomendaciones .....		98
Bibliografía .....		100
ANEXOS .....		102

---

## INTRODUCCIÓN

La construcción es uno de los sectores que más eficiencia requiere ya que es un motor fundamental en la economía de cualquier país y su correcto desarrollo es esencial para lograr su crecimiento, es uno de los sectores que más energía requiere, por lo tanto, es uno de los sectores que más contamina el medio ambiente por lo que no solo la optimización de este se realiza con un fin económico, sino que de él depende, en gran parte, que podamos disminuir la contaminación existente. Las nuevas tecnologías de la informática nos están abriendo las puertas para lograr esa tan deseada eficiencia, permitiéndonos desarrollar los proyectos de la forma más óptima y con el menor daño posible al medio ambiente. El BIM (Building Information Modeling) es el modelo llamado a revolucionar los procesos constructivos y ha demostrado ser el futuro de la construcción en el mundo, su implementación es ya una realidad.

El BIM es un sistema de información integrado, estratégico, colaborativo, permanente, estable, interactivo, dinámico, único y multidimensional para la gestión de los proyectos de la construcción, en un modelo virtual en 3D, durante todo el ciclo de vida de un proyecto donde, en esencia, se logra preparar de la mejor forma posible el proyecto antes de la ejecución; permitiendo evaluar así el comportamiento del proyecto en todo su ciclo de vida con una mayor precisión en todos los sentidos, materiales a utilizar, futuros inconvenientes, tiempo de obra, costos, con el propósito de evaluar las posibles soluciones, tomar las decisiones estratégicas apoyados por el uso de los indicadores, el tablero de comando y su reflejo en el cuadro de mando integral, con el objetivo de

---

garantizar los resultados. El sistema es multidisciplinario, con la integración de los sistemas profesionales usados por los especialistas, en un proceso interoperable, atendiendo a los distintos formatos utilizados, tanto para la entrada de la información, como para el procesamiento y la información de salida. El sistema es estructurado para brindar la información necesaria integrada y actual, según la función que realiza el especialista y el nivel jerárquico en la estructura. El sistema de información es la herramienta fundamental del sistema integrado de dirección estratégica del equipo BIM, usado por los directivos, la estructura funcional de la organización, el cliente y las partes interesadas, para el desarrollo de sus funciones. La toma de decisiones efectivas se desarrolla a partir de un sistema de información eficiente. Es la base para el desarrollo del sistema de comunicación. El ambiente colaborativo actual requiere de conexiones a distancia que faciliten la integración(Monzón, 2017).

El programa inicial puede ser general a partir de un contenido básico y clásico de la Dirección Integrada de Proyectos, integrando los nuevos conocimientos del BIM. Es importante desarrollar la estructura del programa con los organismos interesados, con el objetivo de argumentar la fundamentación, objetivos, habilidades, conocimientos, indicaciones metodológicas y la bibliografía. La participación integrada y multidisciplinaria con dimensiones y variables de diferentes unidades, donde el costo, el tiempo y la calidad deciden en la toma de decisiones en el proyecto negocio, el uso de nuevos conocimientos, se impone en la formación de los futuros especialistas(Monzón, 2017).

La arquitectura y la construcción en la actualidad experimentan un crecimiento ascendente con el empleo de las tecnologías y softwares BIM, implicando cambios de paradigmas dentro de los procesos empresariales tradicionales. Las mejoras en la interoperabilidad y capacidades computacionales son factores que facilitan su implementación. Las empresas que quieran mantenerse a la vanguardia deberán adoptarlas rápidamente o arriesgarse a quedar relegadas(Monzón, 2017).

El Grupo Empresarial de Diseño y Construcción (GEDIC), CUBA realiza importantes acciones para implantar BIM en sus empresas, como estrategia para

---

ganar en calidad documental, coherencia y eficiencia; fomentando el trabajo en equipo y acortamiento de plazos en ejecución como metas, para pasar de constructora convencional a basada en entorno virtual(Monzón, 2017).

La Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, (IDEAR), se integra a estas acciones adaptándolas a su entorno específico a través de un plan de implantación empleando el software Autodesk REVIT 2017, con el objetivo de evaluar la factibilidad de la implementación de las tecnologías en la optimización de sus procesos de gestión y reducir los riesgos asociados al desarrollo de los proyectos; de manera que se puedan explorar conceptos y formas del diseño desde el inicio, como herramienta para optimizar, documentar y apoyar decisiones en la ejecución de obras(Monzón, 2017).

Para la carrera de Ingeniería Civil, resulta necesario investigar y adentrarse en el uso de estas tecnologías BIM. A través de las experiencias de la empresa IDEAR podemos ganar en conocimientos y transmitirlos a los estudiantes que cursan dicha carrera.

### **Marco Teórico**

#### **Problema Científico**

¿Cómo contribuir al conocimiento e implementación sobre la tecnología BIM en las empresas de construcción del país y lograr desarrollar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Construcciones de la Universidad “Marta Abreu” de Las Villas en este tema?

**Objeto.** Las tecnologías informáticas en la Ingeniería Civil.

**Campo.** El BIM, su uso y aplicación para la elaboración de proyectos de construcción.

#### **Objetivo general**

Valorar el uso de la tecnología BIM a nivel internacional y en empresas del territorio, que permita la toma de experiencia para su desarrollo en la carrera de Ingeniería Civil y su futura aplicación en la elaboración de proyectos.

---

### **Objetivos Específicos**

1. Estudiar las características del BIM como modelo de gestión y diseño de proyectos en la construcción.
2. Reflejar el estado actual del BIM.
3. Estudiar el estado del arte sobre la temática del BIM en las empresas del territorio.
4. Caracterizar el uso de los principales softwares BIM y la vinculación entre ellos.
5. Aplicar los conocimientos a un caso real en la elaboración de proyecto.
6. Valorar la importancia del uso y aplicación del BIM para los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Civil.

### **Hipótesis**

Si estudiamos las diferentes experiencias alcanzadas a lo largo de estos últimos años de desarrollo BIM por las empresas que lo implementan y por las investigaciones acerca del tema, seremos capaces de perfeccionar la forma de utilización del modelo en las empresas del país, lograr una capacitación profesional para su correcta implementación, insertar a las empresas del país en la competencia y ampliar el campo de estudio de la carrera en la universidad.

### **Aporte. Novedad científica**

La novedad de la presente investigación radica fundamentalmente en que el tema no ha sido abordado antes en la carrera, así como en estudiar las potencialidades del BIM en la gestión y diseño de proyectos constructivos a partir de experiencias de empresas que se encuentran más avanzadas en su aplicación para desarrollar un proyecto real.

---

## **CAPÍTULO 1. Revisión bibliográfica sobre el tema del BIM**

El Building Information Modeling, BIM, como modelo de gestión de proyecto, resulta un poco confuso al principio y difícil de comprender. Su estudio debe hacerse muy detallado. Para entender su verdadera esencia y potencialidades, en este capítulo se muestra, de forma general, lo que es BIM, sus principales características, potencialidades, cambio que representa, estado actual y proyecciones futuras del mismo; tratando de lograr con esto un acercamiento y entendimiento de esta metodología.

### **1.1 ¿Qué es BIM?**

Un cambio en el método de trabajo en el sector de la construcción siempre requiere un amplio estudio y análisis, después de años de iniciada su implementación y desarrollo, el BIM ha demostrado ser el futuro en este sector.

BIM es el acrónimo de Building Information Modeling. Pero, ¿qué es exactamente y por qué es tan importante en el futuro de la construcción?

#### **1.1.1 Concepto**

Todavía no existe una definición universal para definir que es el BIM como concepto, pero si existen grandes coincidencias en términos generales.

**Eloi Coloma Picó**(Picó, 2008) como:

*“El conjunto de metodologías de trabajo y herramientas caracterizado por el uso de información de forma coordinada, coherente, computable y continua; empleando una o más bases de datos compatibles que contengan toda la información en lo referente al edificio que se pretende diseñar, construir o usar. Esta información puede ser de tipo formal, pero también puede referirse a aspectos como los materiales empleados y sus cualidades físicas, los usos de cada espacio, la eficiencia energética de los cerramientos, etc”*



---

**BuildingSMART**(BuildingSMART, 2016)

*“Building Information Modeling (BIM) es una herramienta de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información de un proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. BIM supone la evolución de los sistemas de diseños tradicionales basados en planos, ya que incorpora la información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso del BIM mas allá de la fase de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación.”*

Según la **National Institution of Building Sciences**(sciences, 2017).

*“A BIM is a digital representation of physical and funtional characteristics of a facility. As such it serves as a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its lifecycle from inception onward” Lo que puede ser traducido:*

BIM es una representación digital de características físicas y funcionales de una infraestructura. Sirviendo como un formato de conocimiento por la información sobre una infraestructura siendo así una base fiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida.

Para **AUTODESK**(AUTODESK, 2016)

*“El modelado de la información para la edificación (BIM- Building Information Modeling) es un método innovador para facilitar la comunicación entre los sectores de arquitectura, la ingeniería y la construcción. Con BIM arquitectos e ingenieros generan e intercambian información de manera eficiente, crean representaciones digitales de todas las fases del proceso de construcción y simulan el rendimiento en la vida real, lo que perfecciona el flujo de trabajo, aumenta la productividad y mejora la calidad.”*

---

### 1.1.2 Características

Sus características más representativas son:

~~Contenedor único:~~ un modelo BIM es un modelo único en 3D accesible a todos los agentes que intervienen en el proceso constructivo, que incorpora toda la información relativa al proyecto que queda almacenada en una única base de datos, pudiendo ser consultada y modificada en cualquier momento. Por tanto, la información es bidireccional, es posible extraerla, gestionarla y devolverla al modelo, siendo también por ello la información multidisciplinar(Pitarch, 2015).

~~Diseño paramétrico:~~ para que el modelado sea controlable y rápido, los elementos se definen como objetos paramétricos cuyas características y comportamientos vienen preestablecidos. El término paramétrico se refiere a la relación existente entre todos los elementos del modelo que permiten la coordinación y la gestión de cambios del software(Pitarch, 2015).

Esta tecnología permite cuantificar eficazmente los parámetros no formales de un edificio (mediciones, volúmenes de aire, recorridos de evacuación, consumo energético y otras variables que no son tratables desde el punto de vista de las herramientas de representación tradicionales(Pitarch, 2015).

~~Interoperabilidad:~~ es imprescindible la interoperabilidad entre los softwares para que funcione el BIM, existen varios formatos que permiten el intercambio de información entre los programas, por ejemplo, el formato IFC del cual haremos referencias más adelante(Pitarch, 2015).

## 1.2 Camino hasta el BIM

### 1.2.1 Origen y Desarrollo

Independientemente que el Building Information Modeling (BIM) y el CAD (por sus siglas en inglés diseño asistido por computador) abarcan conceptos y procesos totalmente diferentes, el desarrollo de ambos debe verse de manera articulada ya que el dibujo en dos dimensiones fue fundamental para desarrollar modelos virtuales en tres dimensiones. “La aparición del dibujo 2D asistido por computador fue la respuesta extraordinaria a limitaciones importantes del trabajo en la arquitectura, ingeniería y la construcción, concernientes a la necesidad de

---

generar y/o reproducir planos y documentos de obra en escala diferentes” (Alzate, 2017).

La inclusión de los programas CAD se convirtió en un avance significativo para la industria en general, al pasar de dibujar planos a manos a elaborarlos con herramientas de computación. Aunque el primer software comercial relacionado con CAD aparece en 1957 como CAM (Computer- Aided Machining), la discusión académica, que empezó a tomar fuerza en la década de 1960, impulsó su desarrollo y generó intereses de diversas industrias entre las que se destaca la automovilística, donde en 1964 IBM sacó a la luz pública el sistema DAC-1 utilizado por General Motors en el diseño de autos (Alzate, 2017).

De forma paralela, la industria de construcción europea empezaba a desarrollar programas de computación que permitían obtener cantidades de obras y generar documentos técnicos para la ejecución de obra, esto, gracias a los resultados de las investigaciones sobre el uso de computadoras para la comunicación en procesos de construcción y documentación de contratos adelantada por el arquitecto danés Bjorn Bindslev desde 1959 (Alzate, 2017).

Los primeros programas relacionados con el modelo BIM aparecieron a mediados de la década de los 70 con el nombre de Building Description Systems (BDS). La información de estos sistemas permitían algunas tareas como documentar las cantidades para la estimación de costos y producir dibujos de detalles, y aunque el primer documento que presentaba de manera explícita el concepto de BIM apareció en 1986, “ se considera que estas metodologías comenzaron a desarrollarse a partir de un concepto introducido por el profesor Chuck Eastman en 1975, del Departamento de Arquitectura del Georgia Institute of Technology, quien se considera el padre del BIM” (Alzate, 2017).

En 1984, después de realizarse diversas investigaciones y desarrollos durante la década de los 70 e inicio de los 80, el profesor húngaro Gábor Bojár y un estudiante trabajaron el desarrollo de un software CAD de 3D. Si bien la empresa húngara Graphisoft se fundó en 1982, año en el que Autodesk lanzó AutoCAD como software de dibujo CAD 2D, solo dos años después sacó al mercado la primera versión de ArchiCAD llamada CH RADAR para el sistema operativo

---

Apple Lisa desarrollada por Bojár, con diferencias significativas en cuanto a la forma de usar las herramientas de computación en la industria de la construcción, pues Autodesk se centró en resolver problemas de la época como generar una mesa de dibujo virtual para realizar planos a diferentes escalas, mientras que Graphisoft pensaba más en generar una simulación real del edificio(Alzate, 2017).

Aunque a finales de la década de los 90 ya existían unas bases conceptuales y se utilizaba una terminología específica para BIM, el esquema de concepción y construcción de los proyectos se seguía desarrollando en mayor medida con herramientas basadas en mesas de dibujos virtuales, es decir, con AutoCAD. Ya para el año 2000 se empezaron a desarrollar proyectos pilotos que utilizaban BIM en todas las fases de diseño y en consecuencia “Las principales líneas de investigación se centraron en la mejora de la planificación previa y el diseño, detección de conflictos, la visualización, la cuantificación, determinación de costos y gestión de datos” · Sin embargo, solo hasta el 2007 se logró integrar las cantidades de obra a la programación para tener simulaciones reales de los procesos constructivos de los proyectos(Alzate, 2017).

Se establecen entonces las bases para realizar un modelo con características paramétricas, donde además de contar con las formas geométricas simples del modelo 3D, pueden incorporarse datos reales (propiedades de materiales, costos unitarios, tiempos de instalación) que facilitan la concepción integral de los proyectos de construcción. Las incorporaciones de estos nuevos parámetros a los modelos generan dimensiones adicionales a la 3D donde, además de propiedades geométricas tridimensionales del proyecto, se puede incluir la programación de obra, es decir el tiempo (4D), el espacio físico y el costo (5D), el ciclo de vida del proyecto con el análisis del impacto al medio ambiente como la eficiencia energética (6D), y el mantenimiento o Facility Management que permite el control logístico del proyecto durante su vida útil (7D)(Alzate, 2017).

Si bien las diferentes tecnologías que sustentan el concepto de esta metodología BIM ha venido desarrollándose desde hace un par de décadas, su crecimiento técnico ha sido mucho más acelerado que su incorporación en el campo de la construcción, quedando rezagado en comparación con otros sectores como la

---

industria automotriz y la Ingeniería Mecánica, debido principalmente a que los proyectos de construcción son muy complejos pues son únicos y generalmente de larga duración(Alzate, 2017).

### **1.3 Estado actual del BIM en el mundo**

En los últimos veinte años el BIM se ha expandido a lo largo de todo el mundo, quizás no con la rapidez que se esperaba para este tiempo, pero ha tomado una posición fundamental en el mercado de la construcción. Los clientes están empezando a exigir o al menos a valorar el uso del BIM en sus obras y proyectos, ya sean clientes privados (inmobiliarias, promotores...) o administraciones públicas. La exigencia o simplemente la valoración positiva de su utilización depende del grado de madurez del mercado. Su desarrollo se ha llevado a cabo de diferentes formas en diferentes países, manteniendo la estructura original, pero adaptándose a las diferentes realidades de cada nación.

#### **BIM en Latinoamérica**

Según indicadores, el mercado en 2020 del BIM aumentará hasta un 11 % en esta región del mundo, pero vemos signos claros del que el crecimiento es mucho más lento del esperado.

La integración del BIM en grandes proyectos latinoamericanos no está siendo homogénea. En países como Chile, Colombia o Perú es ya una realidad. Con mucha aceptación en grandes proyectos públicos y un alto índice de contratación de profesionales BIM. Sin embargo, esta implementación no crece al mismo ritmo en todo el continente y lo cierto es que en la mayoría de los países de habla hispana el paso al BIM sigue una progresión muy lenta(EDITECA, 2018).

#### **En Argentina**

Argentina se ha enfrentado a la realidad BIM a un ritmo un poco más lento. Sus conocimientos e implementación no han evolucionado a la misma velocidad que Brasil y Chile, sin embargo, vemos signos evidentes de que en pocos años arrasará con las formas preconcebidas de lo que hoy entendemos como metodología en el sector de la construcción.

---

### ~~BIM fórum Argentina~~

Por eso nace BIM FÓRUM ARGENTINA para aprovechar las oportunidades que brinda el BIM a los diferentes agentes en torno a la construcción, arquitectura e ingeniería. Se trata de una instancia técnica y permanente que convoca a aquellas empresas, instituciones y profesionales vinculados al BIM en el país. Promueven las buenas prácticas, investigación y capacitación en el país(EDITECA, 2018).

### ~~Formación BIM en Argentina~~

En el área educativa el BIM se ha incorporado en los establecimientos de forma paulatina. Hoy es ya una realidad. Los centros de arquitectura forman en REVIT y preparan a futuros profesionales que sabrán adaptarse al nuevo entorno BIM(EDITECA, 2018).

## **Chile**

El nuevo modelo de construcción para la metodología BIM está revolucionando el sector chileno: estamos ante los países con mejor implementación de esta novedosa forma de trabajo y no es para menos. Organizaciones como Plan BIM, impulsado por el Programa Estratégico “Construye 2025” tiene como objetivo promover el uso del BIM tanto en instituciones públicas como en el sector privado(EDITECA, 2018).

### ~~Realidad en el sector público y privado~~

BIM será una realidad en el sector público en el 2020 cuando pasará a ser obligatorio en proyectos públicos. Tendremos que esperar al 2025 para que su implementación sea completa en el sector privado(EDITECA, 2018).

### ~~Construye 2025:~~

Es una iniciativa que tiene como objetivo que organismos públicos utilicen BIM en su infraestructura. Esto conlleva a la consolidación de nuevos modelos de trabajo en los que intervienen todos los actores implicados en el desarrollo de proyectos de construcción. De momento, es todo un éxito(EDITECA, 2018).

---

## ~~Formación BIM~~

En los centros universitarios de Chile ya se están aplicando cambios a la formación para adaptarse a los nuevos tiempos. Se abordan proyectos hasta casos reales que incluye la aplicación en todas las ramas y disciplinas transformadas por el huracán BIM. Se espera que en los próximos años el país cuente con profesionales capacitados para hacer frente a los retos derivados de los cambios de 2020 y 2025.

## **Colombia**

Es quizás el país con más conciencia BIM en la región. La implementación cuenta con el sello de asociaciones que custodian la integración de la nueva metodología en las empresas de diversos ámbitos. Sus grandes valedores han sido las principales constructoras nacionales y europeas que, a través de información, búsqueda de procesos e implementación, han ido dando el paso al BIM en todas las fases de sus proyectos. Por otro lado, las autoridades no han manifestado la intención de involucrar la metodología en proyectos públicos como en otros países vecinos(Peters, 2018).

## ~~Un perfil demandado~~

Desde hace 3 años vemos como ha incrementado la demanda de perfiles profesionales con conocimiento en sistema BIM. Sin embargo, estos perfiles son escasos en el país por lo que muchas empresas se decantan por formar a sus equipos e iniciar una implementación gradual en función de sus posibilidades. Las iniciativas de estas empresas han hecho que cada vez más compañías del sector apuesten por la adopción de un sistema eficiente, popular y que ofrezca la posibilidad de formar a su propio equipo(Peters, 2018).

## ~~Formación BIM~~

En el ámbito educativo la mayoría de las universidades han incluido, dentro de sus programas académicos, enseñar algunos softwares tecnológicos que involucren la metodología BIM. Solo algunas han abarcado el tema más allá de un curso o diplomado, los más expertos y especializados en esto son los centros

---

de capacitaciones que incluyen las materias de gestión de proyectos que complementan todos los procesos que involucran las diferentes fases del BIM(Peters, 2018).

### **Costa Rica**

Es un país que está promoviendo la utilización de procesos BIM en las nuevas construcciones. Hoy en día, sigue siendo un tema a tratar en obras públicas, sin embargo, muchas empresas privadas e inversiones extranjeras están intentando incorporarlo en sus procesos de trabajo. Lo hacen en su mayoría motivados por peticiones de clientes extranjeros(EDITECA, 2018).

#### **~~Formación BIM~~**

Los estudios reglados en BIM tampoco son frecuentes en este país, aunque si lo es la formación en empresas por profesionales del sector que intentan promover su implementación en proyectos ya en curso(EDITECA, 2018).

### **Ecuador**

BIM se aplica en Ecuador básicamente a nivel de la empresa privada, no existe una política de estado que gestione o dé luces sobre la necesidad o implementación de soluciones BIM. Los grandes protagonistas en este país son empresas privadas, en su mayoría constructoras, llamadas por el nivel de detalles que pueden alcanzar, tanto en listado de materiales, como en el análisis de interferencias con BIM(EDITECA, 2018).

#### **~~Formación~~**

En Ecuador no existen centros de formación como tales, sino más bien centros de implementación a nivel profesional(EDITECA, 2018).

### **Panamá**

No existe ninguna iniciativa pública por parte del gobierno ni a nivel municipal. Son las firmas privadas quienes, a nivel individual, decidieron migrar a la metodología BIM.

A través de unos cuantos participantes de la Cámara Panameña de la Construcción, se creó en 2015 el BIM Forum Panamá. Se trata de un consejo



---

técnico de carácter permanente que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas con el BIM en el país(EDITECA, 2018).

#### ~~Implementación BIM en empresas~~

A nivel general es lento, casi todos los estudios trabajan con metodología BIM, pero no han tenido la capacidad para hacer una implementación completa, a nivel de procesos, estandarizaciones, coordinaciones y a nivel contractual(EDITECA, 2018).

#### ~~Formación BIM~~

Los centros de formación del país ya han dado el paso a esta metodología. Las nuevas generaciones de arquitectos ya están preparadas para sacar partido de todos los beneficios en torno al BIM(EDITECA, 2018).

### **Perú**

Los inicios de la implementación BIM en este país se han convertido en todo un reto para la empresa privada. Si bien es cierto que el BIM llegó a Perú en 2014 de la mano de grandes corporaciones, no ha sido hasta hace 2 años cuando hemos comenzado a ver sus ventajas y matices(EDITECA, 2018).

Perú cuenta con un Congreso Internacional BIM que es el encargado de custodiar que año tras año se cumplan los estándares de calidad de esta nueva metodología, así como de apoyar a las empresas para que se beneficien de todas las ventajas que presenta el BIM para la industria peruana(EDITECA, 2018).

### **Venezuela**

Aunque ya se ven algunas pinceladas en las empresas privadas, lo cierto es que esta metodología tampoco ha entrado en la operativa de trabajo del sector de la construcción en Venezuela(EDITECA, 2018).

#### ~~Escasa inversión en proyectos BIM.~~

La falta de inversión extranjera, y la imposibilidad de adopción de las empresas locales, hace que el proceso esté siendo más lento que en el resto de los países de Latinoamérica(EDITECA, 2018).

---

## **Brasil**

Brasil también adopta BIM haciéndolo obligatorio a partir del 2021. En 2017 en Brasil se creó el Comité Estratégico para la implementación del BIM (CE-BIM) y un grupo de apoyo técnico (CAT-BIM).

El objetivo final del BIM en Brasil es promover un ambiente adecuado para la inversión en el BIM y su difusión en el país, su adopción se articula en tres fases:

### ~~Fase 1~~

Está programada para comenzar en enero del 2021 y se enfoca en la realización de proyectos de arquitectura y de ingeniería para la construcción de nuevas edificaciones y la ampliación o la remodelación de obras cuando estas tienen un notable impacto en las obras existentes.

En esta fase se requerirá la elaboración de modelos arquitectónicos digitales, de ingeniería (estructurales y de instalaciones), la ejecución del clash detection, y la revisión informática de esos modelos. Además, se requerirá de la producción gráfica directamente de los modelos digitales y la extracción de ellos de las unidades geométricas.

### ~~Fase 2~~

La segunda fase comenzará en enero del 2024 y tendrá que implementar algunas actividades relacionadas con el uso de modelos digitales, como la posibilidad de planificar la ejecución de la obra siempre en el caso de una nueva construcción o una nueva ampliación, esto dará la posibilidad de modelos digitales que representen lo que realmente se va a construir.

### ~~Fase 3~~

La tercera parte partirá en enero del 2028. Esta implicará la creación de modelos digitales y, por lo tanto, podrá dominar todo el proceso y los aspectos relacionados con el Building Life Cycle.

En este caso, el BIM se aplicará no solo a las nuevas construcciones sino a las grandes reestructuraciones o remodelaciones, también a la gestión y al mantenimiento de los activos existentes(PlanBIM, 2017).

---

## **México**

La Fundación de la Industria de la Construcción (FIC) está coordinando los trabajos a fin de obtener una norma NMXBIM, la primera en Latinoamérica y dio origen al grupo interdisciplinario BIM FORUM MÉXICO, un grupo de trabajo que integra los principales grupos del sector de la construcción a fin de desarrollar una industria más competitiva.

### ~~En el ámbito académico.~~

Se está introduciendo BIM como materia obligatoria en universidades como: Tecnológico Monterrey, Universidad Iberoamericana, Universidad La Salle, UNAM y la Universidades Autónomas de Yucatán, Chihuahua y Nuevo León(Enlacearquitectura, 2016).

## **En América del Norte**

### **Estados Unidos**

El uso del BIM es obligatorio en todos los proyectos gubernamentales, ya el 72 % de las firmas constructoras están usándolo(CUPASTONE, 2018).

Las palabras claves del BIM en los Estados Unidos son: la estandarización y la colaboración, dos aspectos fundamentales que han generado el mayor progreso en la productividad del sector de la construcción estadounidenses(CUPASTONE, 2018).

Los estándares actuales han mejorado el rendimiento de ROI- Return on Investment- tanto para los contratistas como para los técnicos. La innovación es evidente para las empresas que trabajan en diferentes oficinas, ciudades y contextos y utilizan estos procesos digitales para uniformar la metodología de trabajo y coordinar todo de la mejor manera(CUPASTONE, 2018).

Las oficinas de ingeniería estadounidenses que en los últimos años están trabajando con el BIM, han comenzado a familiarizarse con este proceso y se están adaptando más rápidamente que los arquitectos estadounidenses en el pasado. En cambio, a diferencia de los profesionales, los contratistas ya han entendido como usar y aplicar los procesos BIM, logrando también introducir

---

nuevas técnicas y métodos de trabajo directamente en el campo(CUPASTONE, 2018).

## **Canadá**

Desde 2013 grandes proyectos de edificación e infraestructuras demandan BIM. El IBC Institute for BIM in Canadá coordina el uso del BIM en la construcción canadiense.

Últimamente el IBC llevó una encuesta centrada en el BIM, con el fin de comprender mejor las cuestiones relacionadas con el uso y la adopción del BIM en la industria de la construcción canadiense. Subrayó las lagunas en las prácticas existentes e identificó que la adquisición sigue organizándose en torno a funciones y proyectos, no alrededor de procesos. Además, mencionó la falta de reconocimiento, por parte de los clientes públicos, del valor añadido de la tecnología BIM(CUPASTONE, 2018).

## **Unión Europea**

### **España**

La metodología BIM ya es obligatoria en España para licitaciones públicas de edificación. Lo es desde el pasado 17 de diciembre del 2018, fecha impuesta por la Unión Europea para exigir su uso en proyectos constructivos de edificaciones sujetos a financiación pública siempre que superen los 2 millones de euros, para los proyectos de infraestructuras se ha dejado un poco más al margen, siendo el día 26 de julio del 2019 la fecha establecida(CUPASTONE, 2018).

### **Reino Unido**

La Estrategia de Construcción del Gobierno fue publicada en mayo de 2011. El informe anunciaba la intención de que en 2016 se requeriría BIM en todos los proyectos públicos. Así, el gobierno británico se embarcó en un programa de cuatro años para la modernización del sector con el objetivo de reducir las inversiones y el impacto en la huella de carbono del sector en un 20%. Para lograrlo, el gobierno se centró en la implantación de procesos y entornos colaborativos bajo tecnologías BIM que fomentarían nuevas y más eficientes formas de trabajar a lo largo del ciclo de vida de los activos(BibLus, 2016).

---

Hasta la fecha, el gobierno británico ha implantado lo que ellos denominan BIM Nivel 2. Dicha iniciativa fue articulada y liderada a través del BIM Task Group con los siguientes objetivos: incremento de la productividad del sector, reducción de costes a lo largo del ciclo de vida, mayor capacidad de internacionalización del sector, reducción de emisiones CO2, incremento de calidad de los activos(BibLus, 2016).

La implantación del Nivel 2 en el Reino Unido se ha hecho extensiva a todo tipo de infraestructuras públicas(BibLus, 2016).

Posterior a la implantación del Nivel 2, el gobierno está trabajando en la implantación del denominado Nivel 3. El Plan Estratégico para Nivel 3, publicado en 2015, incluye recomendaciones para la siguiente fase del viaje de BIM, construyendo sobre lo ya desarrollado para el Nivel 2 y marcando como fecha para su obligatoriedad el año 2020. Se busca que el Nivel 3 permita interconectividad entre el diseño digital y el activo, soportando el desarrollo de Smart Cities, Servicios y Redes(BibLus, 2016).

## **Alemania**

Liderado por el Ministerio Federal de Transportes y Digitalización, Alemania ha constituido un consorcio integrado por el Ministerio y más de 30 compañías y 25 asociaciones del sector privado: Planen Bauen 4.02. El consorcio es responsable de diseñar e implementar la estrategia de digitalización en el país, así como monitorizar el proceso de implantación definido en la Hoja de Ruta para Diseño y Construcción Digital elaborada por Planen Bauen 4.0 en diciembre de 2015(BibLus, 2015).

Los objetivos marcados por Alemania se resumen en tres: incremento de la fiabilidad del diseño y certeza del coste, optimización del coste del ciclo de vida de los activos y responder a las recomendaciones de la Comisión para la Reforma de la Construcción de Grandes Proyectos y, en concreto, la mayor integración de los procesos de diseño y construcción, la mejora en la temprana identificación de riesgos, la preponderancia del criterio “value for money” en las adjudicaciones de contratos y la mejora en la transparencia de información en el proceso(BibLus, 2015).

---

Para lograr dichos objetivos Alemania ha definido su propio Nivel 1 de implantación de BIM con el siguiente calendario:

- 2015-2017: fase preparatoria, donde el gobierno destinó €3.8 millones para la implantación y seguimiento de BIM de una serie de proyectos de infraestructuras.
- 2018-2020: período para proyectos pilotos, donde se continúan los ya iniciados y se permite que las distintas administraciones desarrollen los suyos.
- 2020: obligatoriedad de cumplir BIM Nivel 1 en todos los nuevos proyectos de infraestructuras. En esta etapa, la aplicación de dichas medidas se centra esencialmente en infraestructuras civiles, dejando las infraestructuras sociales para una siguiente etapa.

## **Rusia**

En el 2017 el gobierno ruso aprobó un programa de transformación digital conocido como La Economía Digital de la Federación Rusa. Varios proyectos pilotos y regiones fueron seleccionados alrededor de Moscú (buildingSMART, 2018).

Los proyectos confeccionados por la junta de la ciudad de Moscú tendrán que ser diseñados con BIM, bajo el plan de que el uso del BIM será un requerimiento del 2019 (buildingSMART, 2018).

## **Países escandinavos**

### **Noruega**

Comenzó en el 2007 con algunos proyectos, desde el 2016 están implementando el BIM en el sector público, haciendo hincapié en la eficiencia energética, la coordinación y la optimización de errores (Summit, 2019).

### **Finlandia**

Hasta 1996 el enfoque principal estaba en la investigación teórica, pero comenzó a cambiar hacia la implementación práctica y la adopción del BIM. Como resultado, Tekes, la Agencia Finlandesa de Financiación para la Tecnología e

---

Innovación, inició en 1997 un programa de I+D+D+VERA que apuntaba a la adopción práctica del BIM en la industria. (cupastone;2019)

El programa dio lugar a varios programas pilotos y proyectos avanzados del BIM y cinco años después el uso obligatorio del BIM en los proyectos de la propiedad de los edificios gubernamentales, Senate Properties. En 2016 el gobierno finlandés inició un nuevo esfuerzo, el programa llamado KIRA-digi que apuntó hacia la digitalización de la construcción(CUPASTONE, 2018).

### **Suecia**

En 2014 nació la BIM Alliance Sueca que aglutinó varios grupos BIM homogenizando estándares, de manera que en la actualidad la mayoría de las empresas utilizan BIM(CUPASTONE, 2018).

### **Dinamarca**

Lleva desde el 2011 utilizando esta metodología en todos los proyectos locales y regionales de más de 2.7M euros y en los centrales de más de 700 000 euros(CUPASTONE, 2018).

### **Asia**

#### **Singapur**

El gobierno de Singapur, a través del Building and Construction Authority (BCA) ha desarrollado un ambicioso programa para favorecer la implantación de BIM a través de una serie de acciones dirigidas tanto a los procesos como a las personas(CUPASTONE, 2018).

El Building and Construction Authority lidera, junto a una serie de organizaciones que representan a la industria, la implantación de BIM en Singapur. Esta implantación se ha definido en una hoja de ruta en la que se definen dos fases claramente diferenciadas:

- En la primera fase (2010-2015), los objetivos fueron: crear demanda de proyectos BIM con el liderazgo del sector público, eliminando barreras existentes, divulgando las mejores prácticas e incentivando a los early-adopters.

---

- En la segunda fase (2016-2020), los objetivos son: aumentar la colaboración en toda la cadena, llevar a cabo programas formativos en varios niveles y desarrollar el uso de BIM para la industrialización, Facility Management y Smart Buildings(CUPASTONE, 2018).

## **1.4 Cambio que supone respecto al sistema CAD**

### **1.4.1 Diferencias (CAD vs BIM)**

Es comparable el cambio hacia el BIM con lo que supuso en su momento abandonar los grandes dibujos hechos a lápiz y reglas, por el sistema CAD. Todo proceso de cambio al principio puede parecer riesgoso de algún modo. ¿Por qué cambiar lo que se ha venido haciendo por tanto tiempo y que ha tenido buenos resultados? Una pregunta muy sencilla de responder, todo en algún momento habrá que cambiarlo, el problema es cuando, y ese cuando ha llegado al sector de la construcción.

Vivimos en un mundo acelerado donde obligatoriamente si quieres mantenerte en competencia tienes que mantenerte corriendo, por decirlo de algún modo, y el sector de la construcción se ha convertido en una verdadera pista de carrera.

La competencia en el campo de la construcción cada día demanda un mayor esfuerzo para los que se dedican a este; más inteligencia, eficiencia, proyección y aptitud son algunos de los requisitos que requiere un profesional de estos tiempos y sobre todo no tenerle miedo al cambio.

La metodología BIM, conceptualmente, es muy diferente al método de trabajo que se ha venido desarrollando con el sistema CAD, la forma en que se desarrolla y gestiona un proyecto tiene una nueva forma de verse con el BIM y sus potencialidades están por explotarse.

Las aplicaciones CAD (Computer Aided Design) imitan el tradicional proceso de dibujo mediante lápiz y papel en dos dimensiones creadas desde elementos gráficos como líneas, tramas, teniendo por tanto un dibujo virtual que agiliza el proceso en cuanto a cambios, copias etc.



---

Pero, igual que ocurre en el dibujo manual, los dibujos de CAD son creados de forma independientes, por lo que cada cambio en el diseño debe revisarse y modificarse manualmente en cada uno de ellos.

Las aplicaciones BIM tratan de imitar el proceso real de construcción. En lugar de crear dibujos con líneas 2D se construyen los edificios de forma virtual modelándolos con elementos reales de construcción, como muros, ventanas, puertas... que a su vez contienen características técnicas, materiales, fabricantes, precios. Como todos los datos están guardados en el modelo virtual central, los cambios en el diseño son automáticamente detectados y realizados en todos los dibujos individuales generados desde el modelo(Pitarch, 2015).

En la siguiente gráfica, conocida como “The Macleamy Curve” se puede apreciar la utilidad y la forma en que fluye un proyecto en BIM

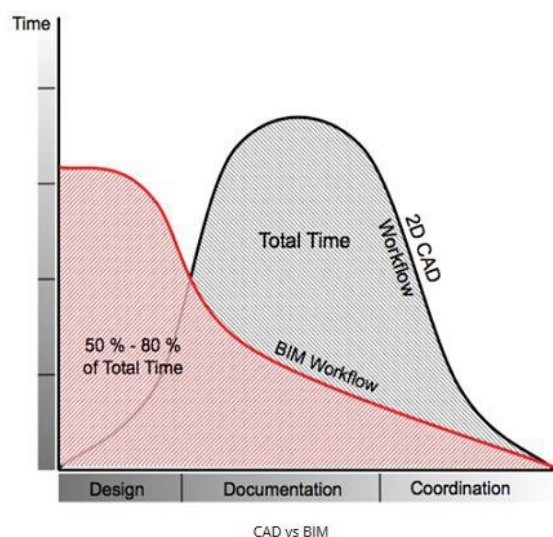


Figura 1.1 Comparación del flujo de trabajo entre el BIM y el CAD.

Fuente: <http://www.arquiparados.com/t583-cad-vs-bim-quien-ganara-esta-guerra>.

Gráficamente se puede identificar un cambio en la forma que se desarrolla un proyecto con estos dos métodos, con la metodología BIM se alcanzan los mayores esfuerzos y trabajos en las fases previas, sobre todo en el diseño, por la gran importancia que tiene para un mejor desarrollo del proyecto en el futuro y un mayor control de riesgos e inconvenientes que se evitarán durante la

construcción. Los costos y esfuerzos durante la construcción serán mucho menores al haber dejado definido el proyecto casi por completo en fase previa. Esto conlleva al cambio de mentalidad de que “eso lo resolvemos durante la marcha”, en el BIM se empieza con casi todo resuelto.

En la siguiente tabla se muestra un análisis de las características entre los dos modelos.

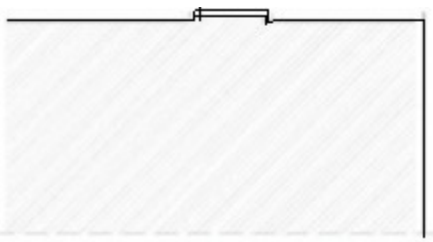
Tabla 1.1 Comparación entre las características CAD y BIM(Pitarch, 2015).


Concepto	CAD	BIM
Dibujo	Entidades geométricas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas</li> <li>• Círculos</li> <li>• Polígonos</li> <li>• Sólidos</li> <li>• Superficies</li> </ul>	Elementos constructivos con propiedades <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muros</li> <li>• Puertas/Ventanas</li> <li>• Pilares</li> <li>• Cubiertas</li> <li>• Terrenos</li> </ul>
Relación planta-sección-alzados-modelo 3D	Son entidades independientes, hay que aplicar cambios por separado	Existe un único modelo en el que se extraen representaciones. Cualquier cambio en el modelo cambia las representaciones
Datos asociados	Bloque con atributos (poco utilizados, tienen limitaciones)	Propiedades de los elementos (precio unitario, materiales, fabricante, etc) -Calculado (superficies) -Propiedades de los planos

Informes	Calcular datos y exportarlos a otros software (EXCEL)	Generados automáticamente y vinculados (pueden cambiarse datos en informe o en modelo)
Trabajo en grupo	Es mínimo, mayormente trabaja cada persona con sus archivos y luego se relacionan.	La colaboración lo es todo en el BIM ya que todo el equipo trabaja sobre el mismo proyecto en tiempo real.

Ahora veremos, a modo de reflejar de forma gráfica, lo que representa el cambio de sistema. Veremos una herramienta CAD que puede ser el AutoCAD y una herramienta BIM que puede ser REVIT.

Tabla 1.2 Representación gráfica de los modelos BIM y CAD y sus características(Pitarch, 2015).

TECNOLOGÍA	REPRESENTACIÓN GRÁFICA	¿QUÉ ES?	¿QUÉ DEBERÍA CAMBIAR?
CAD		Poli líneas bloque de puertas Sombreado	Mover el muro Cambiar en plantas superiores Redibujar secciones Reelaborar presupuestos

			Recalcular consumos...
BIM		<p>Muro:</p> <p>LCV+ aislante+LDH</p> <p>25kg/ml</p> <p>135€/ml</p> <p><math>K=0.7 \text{ Kcal/m h}^{\circ}\text{C}</math></p> <p>Longitud=3m</p> <p>Altura=2,5</p> <p>Puerta:</p> <p>2.02x1m</p> <p>185€</p> <p>2 unidades</p> <p>Sala de estar:</p> <p>29m<sup>2</sup></p> <p>Ocupación 6p</p> <p>Orientación: este</p> <p>Consumo: 15KW/h</p>	Indicar posición final del muro

---

En la imagen superior vemos como en una herramienta CAD, que puede ser AutoCAD, lo que vemos representado no son más que poli líneas, un sombreado rallado y un bloque de una puerta. Mientras que en una herramienta BIM, como REVIT, hay mucha más información de la que vemos a simple vista pues, por ejemplo, está definida la composición y dimensiones de las capas que forman el muro, su coeficiente de transmisión térmica, etc. Así como la puerta, más allá de ser un bloque con dimensiones, puede contener información del fabricante, del material, de las unidades totales utilizadas, del precio y todo esto actualizado en tiempo real. Son muchas otras características que podemos incluir en el modelo(Pitarch, 2015).

El hecho de cambiar algo en CAD y tener que cambiarlo en todas las vistas, así como redibujar las secciones o alzados afectados, recalcular superficies, reelaborar presupuestos, recalcular consumos, cambiar estos parámetros en la memoria, resulta sumamente engorroso, si nos fijamos que con el BIM cualquier cambio realizado se actualizará automáticamente en todo el modelo.

#### **1.4.2 Ventajas y limitaciones**

Son indiscutibles los múltiples beneficios que trae consigo el uso de una metodología BIM, desde la productividad en la gestión del proyecto en sí, hasta la mejora a nivel de empresa relacionada con la comunicación y colaboración entre sus integrantes. Todos estos beneficios incluyen tanto a arquitectos, ingenieros y constructores, como al mismo cliente, pues el producto obtenido es el resultado de un trabajo colaborativo entre estos sectores, trabajos sobre la base de un solo modelo de proyecto.

Se pueden identificar beneficios puntuales de cada uno de los actores que intervienen en la conformación del proyecto con un modelo BIM(Albornoz, 2018).

El cliente:

- Obtiene una mejor conexión entre el diseño y las propuestas formales con los objetivos finales y conceptuales del proyecto que se deseen desarrollar.
- Posee una vista más amplia de lo que es el proyecto en sí, permitiéndole hacer determinadas predicciones o cambios.

- 
- Tendrá la garantía de menores costos asociados a pérdidas de materiales, menos inconvenientes en las fases de construcción y una mayor optimización del tiempo del proyecto.
  - Posibilidades de poseer mayores estándares de calidad al tener normativas y exigencias asociadas a la plataforma de trabajo BIM.

#### Arquitectos:

- Facilitación del trabajo debido a la extensión de bibliotecas y posibilidades de integrar nuevos Ítems, además de contar con la especificidad de las características intrínsecas de los elementos.
- La magnífica capacidad de poder ver los diseños de la manera que van a ser contruidos
- La interconectividad de los usuarios le permite que el proyecto sea gestionado de una manera más rápida, evitando invertir tiempo en hacer llegar los modelos a los otros trabajadores para poder discutirlos.
- Estimación de costos del diseño realizado, mediante programas interoperables.
- Reducción del tiempo en la producción de la documentación para proyectar.

#### Ingenieros:

- Integración del análisis geo-espacial en la propuesta conceptual, permitiendo un ahorro en tiempo y dinero.
- Coordinación directa entre todas las especialidades de la ingeniería involucradas en el proyecto, permitiendo una evaluación en tiempo real a través de análisis de interferencias que optimizan el avance del trabajo sin choques entre las redes y las soluciones estructurales.
- Análisis dinámico, al permitir la planificación de los movimientos, las cantidades y la colocación del material durante la construcción, lo que ayuda a tener un panorama general más claro con respecto a las zonas a intervenir.

---

Constructores:

- Posee una mayor información para la fase de construcción.
- Las relaciones y compromisos pueden ser gestionados de forma interconectados.
- Mejoras de costos en producción debido a la optimización de materiales y tiempo total de trabajo en las obras, al tener solucionados algunos de estos elementos previamente a la construcción.

Por compleja que sea la arquitectura o diseño, destaca en gran medida la capacidad de visualización de cualquier parte del proyecto.

Al utilizar un modelo 4D se tiene un beneficio extra, mejorando la comunicación y logrando un diseño pensado en la construcción. Se logra que el equipo de trabajo entienda e integre de manera más fácil el diseño y construcción que con los métodos actualmente utilizados, logrando así un desarrollo más ligado entre ambas áreas.

La interacción que se genera entre las diferentes especialidades es una de las principales ventajas del BIM, el hecho de que cada especialidad esté trabajando sobre un mismo modelo mejora enormemente la comunicación tanto interna como entre las mismas disciplinas, permitiéndole a cada trabajador tener una visión más amplia del proyecto y no solamente enmarcarse en su parte del trabajo logrando una optimización de la gestión en general ya que, al final, el proyecto hay que verlo como un todo integrado de esas partes(Albornoz, 2018).

Otra ventaja relacionada está referida a la generación de documentación del proyecto. Al tener un modelo tridimensional, es posible generar planos a partir de diferentes cortes que se pueden hacer a este modelo central. Si necesito obtener una vista en planta es posible sacar una vista superior del modelo y sobre esa base se logra generar un plano 2D. Si pensamos en el trabajo que se desarrolla actualmente en muchas empresas, al tener una serie de planos para una especialidad en particular, ocurre el gran problema que existe al momento que surge la necesidad de realizar una modificación o corrección. Poniendo como ejemplo una modificación tan pequeña como un cambio en el largo de un muro o la ubicación de un ducto de ventilación, este cambio se debe hacer en

---

todos y cada uno de los planos en que está presente este elemento. Si por el contrario hablamos de un diseño tridimensional del elemento, solamente se modifica el parámetro asociado, y se vuelven a generar los planos a través de los cortes que se quieran en el modelo completo, en forma casi automática(Albornoz, 2018).

Otro punto importante de los beneficios que se obtienen con BIM está asociado a la detección temprana de problemas que surgen normalmente en la etapa de construcción, específicamente la detección de interferencias. Habitualmente la detección de conflictos entre elementos es una tarea que se realiza una vez que se tiene un avance considerable del proyecto, y por lo tanto las modificaciones a realizar serán en una cantidad considerable, sin contar el tiempo que será necesario dedicar a esta labor.

La principal ventaja del BIM viene expresada en contar con toda la información centralizada de un proyecto y tener la posibilidad de consultarla fácilmente cada vez que la necesites; desde la etapa de diseño, construcción, explotación e incluso hasta la demolición, permitiéndote hacerle cambios al modelo durante su vida útil en tiempo real.

Estos beneficios que se generan son mayormente a mediano y largo plazo, no se puede esperar obtener un beneficio en el primer proyecto que realice una empresa con BIM ya que es un modelo que requiere obligatoriamente experiencia y cada empresa necesita poseer su forma de implementación particular la cual es necesaria perfeccionarla con el desarrollo de un proyecto. Los beneficios serán tangibles después del segundo o tercer proyecto con la metodología BIM, luego de haber establecido una correcta forma de implementación y haber obtenido la capacitación que solo la práctica puede brindar.

### **Limitaciones**

No se puede tener la idea de que algo puede ser perfecto, todo posee algún tipo de limitación o característica que puede llegar a ser mejorada en algún momento y el BIM no es la excepción.



---

El primer punto importante que produce muchas veces un freno en la decisión de cambiarse a esta nueva forma de trabajo es el alto costo que implica adquirir los softwares necesarios para ello. Es una inversión no menor que debe hacerse, y tal como se dijo anteriormente, los reales beneficios de una implementación son visibles a mediano y largo plazo, una vez que ya existe cierta experiencia en la elaboración de modelos BIM.

No solamente es necesario invertir en la compra de los programas adecuados, sino que existe una capacitación asociada para el correcto aprendizaje de las plataformas de trabajo. Esta capacitación debe ser incluida en el costo de los programas que se pretendan utilizar. No se puede pretender que, por el simple hecho de poseer los softwares, ya el trabajo esté hecho, es necesario saber utilizarlos y esto representa una de las principales limitaciones iniciales para implementar el BIM, ya que es imprescindible para su funcionamiento una buena capacitación, capacitación que hasta cierto punto es compleja comparada con el método tradicional ya que representa un cambio en la forma en que se desarrolla un proyecto.

La elección adecuada de los programas a utilizar también es importante en el modelo BIM ya que hay ciertos elementos que se deben considerar al momento de elegir la plataforma BIM, donde se pueden destacar:

- Diferentes especialidades cuentan con softwares especializados en diseño. Difieren en capacidades y posibilidades de interacción específicas.
- Dependiendo de la etapa en que se trabaje y las especialidades que se involucrarán en el proyecto, se cuenta con diferentes alternativas y por lo tanto se tiene que tener pleno conocimiento de cuales opciones son más adecuadas, asociadas principalmente a las características de la empresa que realiza el proyecto.
- La migración entre los programas clásicos CAD hacia opciones BIM puede resultar más fácil y amigable, dependiendo del software elegido. La definición de los elementos y parámetros en general toman importancia ya que, por muy bien que se haga el modelo inicial, al traspasar en algún

---

caso a programas CAD, tiene correcciones asociadas que se realizan en forma manual para obtener los planos. Los planos que se obtienen directamente de los programas BIM de todas formas pasan por software CAD para correcciones menores.

- Otro punto, quizás de menor importancia, es la compatibilidad entre versiones de un mismo programa. Las actualizaciones de los mismos, muchas veces terminan siendo un problema en el sentido de trabajar con archivos que no son posibles de leer en versiones de otros softwares.

Implementar el BIM impone un gran desafío para cualquier grupo de trabajo, ya que es necesario respetar un orden y una asignación determinada en el diseño. Al estar obligados a realizar un trabajo colaborativo, hay roles asignados a cada integrante que deben respetarse para mantener orden en la elaboración de la maqueta, aquí juega un papel fundamental el BIM Manager.

Independientemente de estas limitaciones antes vistas, es indiscutible que la principal limitante que posee el BIM es que, al representar un cambio de paradigma en la construcción, genera una resistencia al cambio que se puede reflejar durante el desarrollo de un proyecto BIM, no permitiendo su correcto desempeño, por tanto, es fundamental poseer la disponibilidad al cambio necesaria para enfrentar este modelo(Albornoz, 2018).

## **1.5 Implementación del BIM**

### **1.5.1 Aspectos organizacionales**

Para implementar adecuadamente BIM en las organizaciones se requiere contar con un enfoque estratégico que involucre a toda la empresa, gran capacidad de liderazgo y un respaldo adecuado por parte de las jefaturas, que permita cambiar los procesos tradicionales e implementar nuevas formas de trabajo que surgirán con el uso adecuado de metodologías BIM(Estandarización, 2017).

La implementación de BIM significará un impacto en la organización y en los procesos productivos y/o administrativos de estas. A medida que la organización comienza a realizar la implementación de BIM, es importante explicar de manera clara a todos los involucrados, los cambios que se producirán en la organización,

---

como también los nuevos procesos y las tecnologías que serán aplicadas(Estandarización, 2017).

La implementación de BIM debe ser respaldada por la organización en su totalidad. Esto quiere decir que debe existir un respaldo permanente por parte de las jefaturas involucradas. Un punto importante a considerar es que la implementación adecuada de BIM significa cambiar los procesos de la organización, es por esto que no puede ser una iniciativa exclusiva de un área, ni ser realizada únicamente a nivel de proyecto o disciplina(Estandarización, 2017).

No obstante lo anterior, cuando se cuenta con el respaldo por parte de las jefaturas de la organización y además se cuenta con el apoyo de expertos en la implementación de BIM, los equipos pueden iniciar la adopción de BIM en proyectos piloto, medir sus resultados y cosechar beneficios que posteriormente pueden escalar a nivel de la empresa(Estandarización, 2017).

En términos generales, no es relevante el tamaño del proyecto ni tampoco si involucra una o varias disciplinas, ya que para cada caso existirán estructuras organizacionales y flujos de trabajo BIM adecuados.

El marco de implementación que aquí se presenta se basa en una transformación organizacional que comienza por la visión y el patrocinio de las planas ejecutivas (jefaturas), y es llevado a cabo por los líderes de la organización y el grupo de trabajo del proyecto.

El marco se basa en tres estrategias específicas, cada una de las cuales es esencial para el desempeño de las otras:

- Visión de BIM
- Liderazgo de BIM dirigido
- Cambio gradual

### **Visión de BIM**

Un factor esencial para la implementación exitosa de BIM es una visión concisa y bien articulada por parte de los líderes ejecutivos, respecto a los beneficios que la adopción de los procesos de BIM aportará a la empresa, así como a los

---

elementos principales de la transformación y la apariencia que esta evolución tendrá en sus diferentes etapas. No se trata de una simple declaración de la visión sino la proyección a futuro de la empresa al usar BIM(Estandarización, 2017).

Para implementar BIM de manera exitosa, las organizaciones necesitan una estrategia que aborde sus necesidades y valores empresariales de manera específica.

Otra parte esencial del éxito de un proyecto piloto de BIM, puede ser la relación con un asesor confiable que preste orientación sobre la mejor manera de definir y ejecutar la visión.

Para obtener de manera efectiva los beneficios de utilizar BIM en los proyectos, las jefaturas deben realizar todos los esfuerzos necesarios, a fin de posicionar el BIM dentro de los objetivos estratégicos de la organización.

Recomendaciones para posicionar una visión de BIM efectiva en la organización:

### **Visión acorde con las aspiraciones**

La visión debe tener el alcance y las aspiraciones suficientes para unir a los diferentes elementos de la organización. Si el proyecto piloto de BIM se realiza únicamente como un ejercicio de implementación tecnológica, sin considerar a las jefaturas, los diferentes procesos y la nueva estructura organizacional, no producirá el impulso necesario que permita generar un cambio y en consecuencia implementar BIM de manera adecuada en la organización(Estandarización, 2017).

### **Genere capacitación**

Las jefaturas podrían necesitar capacitarse sobre BIM, esto les permitirá considerar el real impacto de BIM al establecer las estrategias corporativas. Un comienzo adecuado puede ser contar con el apoyo de un asesor confiable que haya tenido éxito con la implementación de proyectos piloto de BIM(Estandarización, 2017).

---

## **Establezca logros decisivos**

La creación y programación de hitos claros ayudará a sobrellevar la incertidumbre inicial al enfrentar lo que podría parecer una obra de proporciones monumentales. Cumplir estos hitos también ayuda a crear "logros" de corto plazo que generen energía y potencien el esfuerzo dirigido a alcanzar el estado proyectado en la visión(Estandarización, 2017).

## **Defina las cinco cuestiones claves**

Las respuestas sobre quién, qué, dónde, cuándo y por qué, proporcionarán a cada parte de la organización los detalles reales que necesita de la visión de BIM. Algunas de las preguntas serán difíciles de contestar y podrían implicar que las jefaturas deban asumir nuevos riesgos(Estandarización, 2017).

## **Liderazgo BIM**

Para la implementación de un proyecto piloto, es preferible contar con un equipo de liderazgo BIM. Este equipo debe propiciar que la visión sobre BIM se refleje en metodologías de trabajo que puedan ponerse en práctica para producir los resultados deseados y un rendimiento acorde a los objetivos estratégicos de la organización(Estandarización, 2017).

En cualquier organización, la gestión de cambios duraderos y sostenibles puede resultar una tarea difícil que precisa la adaptación de estrategias creativas a la cultura y las particularidades de cada organización. Estas son algunas tácticas de gestión de cambios asociadas con iniciativas de implementación de BIM:

## **Realizar evaluaciones**

Las acciones de los equipos deben acompañarse de evaluaciones y validaciones de cambios por medio del monitoreo de los hitos establecidos.

## **Comunicación por parte de las jefaturas**

Un plan de comunicación por parte de las jefaturas, demuestra a todos los involucrados el compromiso de la organización con la implementación de BIM, ayuda a inyectar energía a la transformación y permite acortar distancia entre la teoría y la práctica cotidiana.

---

## **Inversión en capacitación**

La adopción BIM requiere la adopción de nuevas habilidades y nuevas formas de trabajar por parte de la organización. Esto hace necesario invertir en capacitación para garantizar que se cuente con las personas correctas en el proyecto correcto.

## **Contratos y consideraciones legales**

Las herramientas BIM y sus procesos asociados, pueden afectar la relación contractual entre su organización y sus mandantes o clientes. La colaboración que permite BIM representa un cambio significativo de los procesos tradicionales, el cual se debe abordar desde el inicio con los involucrados en el proyecto.

## **Revisiones de proyecto**

Las revisiones del proyecto permiten que el equipo de liderazgo BIM evalúe las medidas iniciales y la efectividad de la tecnología, los estándares y los procesos de BIM en el proyecto piloto. Estos equipos pueden detectar errores, mejorar estándares y procesos, y aplicar mejores prácticas.

## **Medición de la madurez de BIM**

Es preferible que el equipo de liderazgo BIM determine indicadores claves para medir el progreso de la organización, en cuanto a los objetivos globales e hitos señalados en la visión. También resulta útil medir la madurez de BIM a través de un conjunto de mediciones sobre la capacidad de la organización, para poner en práctica la metodología BIM en los proyectos.

## **Cambio gradual**

Una vez concretados todos los ajustes de los puntos anteriores, resulta pertinente la elección de un proyecto piloto. Este proyecto piloto podrá ser en base a proyectos ficticios, proyectos reales, partes de proyectos, entre otros. Todas las opciones son válidas y la elección dependerá del nivel de riesgo

---

admisible y la mano de obra disponible para llevar a cabo su trabajo actual(Estandarización, 2017).

La implementación de un proyecto piloto debe incluir mediciones en todas las etapas claves, a fin de comprender realmente si BIM se está implementando correctamente y si está teniendo los impactos proyectados. Los beneficios positivos que reciba cada involucrado en el proyecto durante el proceso, también se deben documentar para efectos del cálculo del retorno de la inversión (Estandarización, 2017).

Es probable que en etapas tempranas de la implantación de un proyecto piloto exista una caída en la productividad debido, principalmente, a que existe una curva de aprendizaje de las personas involucradas en los nuevos procesos de la organización. Para facilitar esta transición, se recomienda que el equipo del primer proyecto piloto no trabaje en proyectos CAD 2D tradicionales y en proyectos BIM de modo simultáneo, pues esto podría perjudicar el aprendizaje del nuevo sistema(Estandarización, 2017).

Si la organización opta por implementar BIM en un proyecto real, lo ideal sería seleccionar a un cliente abierto a adoptar nuevas tecnologías y que comprenda lo que BIM hará a su favor. La resistencia al cambio es un rasgo común en las organizaciones, como también lo es la necesidad de mejorar la forma en que trabajamos. Durante el cambio a BIM se requiere de un respaldo positivo por parte de la administración y el personal pertinente, aún más en las organizaciones grandes; se requiere también establecer las expectativas correctas desde el inicio del proceso, formular un plan de acción y garantizar el nivel de capacitación adecuado de los empleados. Al empezar en pequeña escala e ir desarrollando la confianza, y al aumentar las capacidades y experiencias esenciales, la transición a BIM se acelerará con cada nuevo proyecto(Estandarización, 2017).

### **Definición de roles (Roles en procesos BIM;2017)**

Un alto porcentaje del éxito de la implementación de cualquier metodología depende del capital humano involucrado y su capacidad de trabajar en equipo en entornos complejos y dinámicos. Por esta razón, la comunicación entre

---

participantes es uno de los aspectos más importantes para el trabajo en BIM y para comprender de manera adecuada el mapa y flujos de trabajo, es necesario identificar a los actores principales que participan de la metodología BIM durante todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción(Gámez, 2017).

No existe un único tipo de flujo de trabajo ni de participantes en el desarrollo de proyectos. Estos varían dependiendo de factores como escala del proyecto, si pertenece al sector público o privado, la voluntad de los mandantes, ente otros. Por este motivo, los perfiles necesarios y la estructura organizacional del ámbito BIM pueden variar(Gámez, 2017).

Independientemente de lo anterior, a continuación describiremos los principales perfiles BIM de manera general según(Gámez, 2017).

### **Director Técnico BIM - BIM MANAGER**

Es la persona nombrada por el Equipo de Gestión de Proyecto EGP en cualquier fase del ciclo de vida y a la aprobación del promotor o cliente, siendo plenamente responsable de la calidad digital y la estructura de contenidos para el proyecto BIM.

Lidera la correcta implantación y uso de la metodología BIM, coordinando el modelaje del proyecto y los recursos en colaboración con todos los agentes implicados, asegurando la correcta integración de los modelos y sus disciplinas con la visión global del proyecto, coordinando también la generación de contenidos, con capacidad para comunicar los beneficios y dificultades de BIM.

Actúa a nivel operativo (técnico y sistemático).

### **Funciones y responsabilidades**

- Proponer y coordinar la definición, implementación y cumplimiento del BIM Execution Plan (BEP).
- Aplicar los flujos de trabajo en los proyectos.
- Aplicar y validar los protocolos BIM.
- Manual de usuario BIM.
- Apoyar el trabajo colaborativo y coordinar el Equipo de Diseño del Proyecto EDP (Integrated Design Project Team, IDPT).



- 
- Establecer en el entorno colaborativo el cumplimiento de los requisitos de información del cliente.
  - Normalización y estandarización.
  - Software y plataformas.
  - Establecer los niveles de detalle y de información – LOD.
  - Gestión del modelo.
  - Gestión de cambios en el modelo.
  - Gestión de la calidad en el modelo.
  - Asistencia en las reuniones del Equipo de Diseño del Proyecto EDP (Integrated Design Project Team, IDPT) y el Promotor o Cliente.
  - Establecer flujos de trabajo y gestión de requisitos.
  - Garantizar la interoperabilidad.
  - Apoyo técnico en la detección de colisiones.

### **Directos de la gestión del diseño - LEAD DESIGNER**

Es quien administra el diseño, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

Es quien confirma los resultados de diseño del Equipo de Diseño del Proyecto, EDP (Integrated Design Project Team, IDPT). Firma y aprueba la documentación para la coordinación del diseño de detalle antes de ser compartida.

#### **FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES:**

- Administrar el diseño
- Aprobar y desarrollar la información.
- Aprobar los resultados del Equipo de Diseño del Proyecto, EDP (Integrated Design Project Team, IDPT).

Es la persona que proporciona, junto con el director de la gestión de la ejecución, un enlace de comunicaciones entre los diferentes equipos de diseño del proyecto y los equipos de construcción.

Es quien coordina, junto con el director de la gestión de la ejecución (si se trata de cuestiones que puedan afectar a dicha ejecución), las entregas de diseño de los diseñadores principales, diseñadores de especialidades (estructuras, MEP,

---

etc.) y los subcontratistas, de cara al responsable del Equipo de Construcción para asegurar la entrega oportuna en costo.

### **Director de la gestión de la ejecución - LEAD CONSTRUCTION**

Es quien administra la dirección de la ejecución mediante las correspondientes gestiones con sistemas BIM, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

Es quien confirma los resultados de la ejecución del Equipo de Construcción, CT (Construction Team). Firma y aprueba la documentación para la coordinación de la ejecución antes de ser compartida.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Administrar la ejecución
- Aprobar y desarrollar la información.
- Aprobar los resultados del Equipo de Construcción, CT (Construction Team).

Es la persona que proporciona un enlace de comunicación, en cuanto a la dirección ejecutiva de la obra en el ámbito BIM, entre los diferentes equipos de diseño del proyecto y los equipos de construcción.

Es quien coordina en cuanto a la dirección ejecutiva de la obra en el ámbito BIM, en colaboración con el director de la gestión del diseño, los distintos interviniente<sup>s</sup> (diseñadores, especialistas, subcontratistas, etc...).

### **Director del equipo de trabajo - TASK TEAM MANAGER**

Es responsable de la producción del diseño y de todos los elementos que se relacionan con una tarea determinada. Estas tareas están a menudo basadas en unas disciplinas que tienen que ser compartidas por todo el equipo, existiendo un jefe de disciplinas que responde ante el director de la gestión del diseño.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Responsable de la producción del diseño en una tarea determinada.

---

### **Coordinador BIM - BIM COORDINATOR**

Es el agente responsable de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, con la finalidad de que se cumplan los requerimientos del director técnico BIM. Realiza los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM, y que éste sea compatible con el resto de las disciplinas del proyecto.

Habrán tantos Coordinadores BIM como especialidades incluya el proyecto (diseño, estructura, MEP, sostenibilidad, seguridad y salud, calidad ...etc.).

#### Funciones y responsabilidades

- Coordinar el trabajo dentro de su disciplina.
- Realizar los procesos de chequeo de la calidad del modelo BIM.
- Asegurar la compatibilidad del modelo BIM con el resto de las disciplinas.

### **Modelador BIM - BIM MODELER / BIM OPERATOR**

Es la persona responsable del modelado de acuerdo a los criterios recogidos en el BEP

#### Funciones y responsabilidades

- Debe estar especializado en construcción, ya que “se modela como se construye”.
- Proporciona información fundamental para todas las disciplinas involucradas utilizando herramientas de software BIM.
- Exportación del modelo 2D.
- Creación de visualizaciones 3D, añadir elementos de construcción para los objetos de la biblioteca y enlace de datos del objeto.
- Debe seguir en su trabajo los protocolos de diseño.
- Coordina constantemente y con cuidado su trabajo con las partes externas tales como arquitectos, ingenieros, asesores, contratistas y proveedores.

- 
- Posee técnicas y habilidades capaces para arreglar, organizar y combinar la información.
  - Mantener su enfoque en la calidad y llevar a cabo sus tareas de una manera estructurada y disciplinada.

### **Otras actividades derivadas de la metodología BIM**

#### **Analista BIM - BIM ANALYST**

Realiza los análisis y las simulaciones basadas en el modelo BIM: analiza el funcionamiento y el rendimiento del edificio, simula las circulaciones del edificio, realiza los análisis de seguridad y el análisis del comportamiento energético.

#### **Coordinador CAD – CAD COORDINATOR**

Coordina el proyecto CAD, acordando “estándares y métodos” y garantiza su cumplimiento. Este rol debe ser responsabilidad del director del equipo de trabajo (Task Team Manager) y del director de la gestión de la información (Information Manager).

#### **Director Técnico CAD – CAD MANAGER**

Garantiza que los modelos CAD se integran en el proyecto utilizando los estándares y métodos acordados. Este rol debe ser responsabilidad del Coordinador CAD (CAD Coordinator).

#### **Programador de aplicaciones BIM - BIM APPLICATION DEVELOPER**

Desarrolla y personaliza el software para dar apoyo a la integración de los procesos BIM.

#### **Especialista IFC – IFC SPECIALIST**

Profesional IT que contribuye, junto con expertos en diferentes áreas de la industria AEC/FM (arquitectura/ingeniería/construcción/Facility Management), al formato IFC y a la definición inicial de los requisitos de las extensiones IFC. Han de estar familiarizados con la estructura de datos y los conceptos de modelado. Es responsable del mapeo de los requisitos de intercambio (Exchange Requirements). Para hacer que esto sea posible, trabaja con el coordinador BIM y atiende a los requerimientos del director técnico BIM.

---

### **Facilitador BIM - BIM FACILITATOR**

Ayuda a otros profesionales, no en el funcionamiento del software, si no en la visualización de la información del modelo. Ayuda a la labor del ingeniero para comunicarse con los contratistas.

### **Consultor BIM – BIM CONSULTANT / BIM EXPERT**

Ofrece guías para proyectos de diseñadores, desarrolladores y constructores para la implantación BIM en empresas grandes y medianas que han adoptado esta metodología y no tienen experiencia como expertos en BIM. Encontramos tres tipos:

- **Consultor estratégico** - Strategic Consultant
- **Consultor funcional** - Functional Consultant
- **Consultor operativo** - Operational Consultant

### **Investigador BIM – BIM RESEARCHER**

Experto que enseña, coordina y desarrolla la investigación sobre BIM.

#### **1.5.2 Software y Hardware**

Existen diferentes herramientas para poder diseñar modelos BIM, dependiendo del tipo de proyectos que se deseen desarrollar, así como de las características y necesidades del área del proyecto en sí que se quiera enfocar. A pesar de que la gran mayoría de estos programas cuenta con buenas capacidades para la creación de elementos paramétricos, muchos de ellos tienen propiedades específicas que los hacen más adecuados para cierto tipo de tareas o diseño en particular. Estas características que presentan cada uno, son las que hacen que se pueda trabajar de mejor forma en alguna especialidad. Por este motivo es importante saber escoger dentro de las opciones disponibles, las que ayuden de mejor manera a desarrollar el proyecto escogido.

Si se desea trabajar en proyectos que consideren múltiples disciplinas, es importante utilizar softwares que “conversen” entre sí, refiriéndose al hecho de que sean compatibles en los formatos de importación y exportación de archivos

entre ellos y que la comunicación en este sentido sea rápida y relativamente fácil de hacerse. Si no se cuenta con esta característica no se tiene una conexión efectiva entre los programas de cada área de diseño, lo que se refleja en una comunicación deficiente en el desarrollo general. Como se desea implementar esta metodología en un trabajo en conjunto, elegir los programas adecuados que mantengan una buena conexión de trabajo se transforma en una condición necesaria de implementación.

A pesar de las variadas opciones disponibles es mejor utilizar, para el tipo de proyecto escogido, programas que quizás no son la mejor opción en forma individual para cada especialidad, pero en conjunto comparten de mejor manera características que le dan mayores atributos de interoperabilidad dentro del proyecto(ZIGURAT, 2018).

A continuación, mostraremos algunos de los programas BIM más utilizados y que cumplen con las características deseadas de interoperabilidad, se hará referencia al fabricante, uso BIM y función primaria:

Tabla 1.3 Programas BIM y características. Fuente: Elaboración propia

<b>Nombre del producto</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Uso BIM</b>	<b>Función primaria</b>
REVIT Architecture	Autodesk	Crear y examinar modelos 3D.	Modelado arquitectónico y diseño paramétrico.
SketchUp Pro	Google	Multidisciplinario.	Modelo arquitectónico y estructural 3D.
ArchiCAD	Graphisoft	Modelo arquitectónico conceptual en 3D.	Creación del modelo arquitectónico.

---

Tekla Structures	Tekla	Modelo conceptual 3D.	Aplicación de un modelo estructural 3D.
REVIT Structure	Autodesk	Estructural.	Modelado estructural y diseño paramétrico.
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	Infraestructura civil y logística de emplazamientos.	Desarrollo de emplazamientos.
Robot	Autodesk	Análisis estructural.	Unión bidireccional con Autodesk REVIT Structure.
STAAD.Pro	Bentley Systems	Análisis estructural y detalles del rendimiento de la edificación.	Medición, acceso y reporte del rendimiento de la edificación.
Navisworks Manage	Autodesk	Detección de choques.	Modelo basado en la detección de choques entre los diferentes trabajos o especialidades.
Dynamo	Autodesk	-Operaciones matemáticas, geométricas u	Establecer relaciones e introducir una

		ordenaciones en listas.  -Análisis de sistemas estructurales en SAP.  -Trabajar detalladamente con análisis energético calculados desde REVIT.	secuencia de acciones.
BIM 360	Autodesk	Detección de choques, colaboración y coordinación.	Simulación de fatigas, esfuerzos, grietas e identifica áreas de inestabilidad y daños.

### Sistemas de Hardware requeridos

Si bien es importante tener claro él o los softwares a utilizar, según el alcance que se busque en el desarrollo de proyectos en BIM, esto trae asociado la inversión en equipos computacionales adecuados y suficientes para tener un trabajo fluido. En este sentido cabe mencionar que, por lo general, las mismas casas de softwares presentan dos tipos de recomendaciones de hardware para cada software; requerimientos mínimos y requerimientos recomendados o de alto rendimiento.

Se debe tener en claro que la configuración básica permitirá correr la versión del software elegido; pero no asegura una fluidez completa y genera incertidumbre respecto a si se cumplirán los requisitos mínimos de las siguientes versiones de



---

los softwares, por lo que no es recomendable elegir este tipo de configuración.

Respecto a la configuración recomendada, en general permite una alta fluidez y es muy probable que la máquina sea compatible con las siguientes versiones del software por lo menos un par de años, pero este tipo de configuraciones suelen tener exigencias muy altas y que influyen fuertemente en el costo final del equipo, por lo que es una variable importante a considerar en el momento de evaluar la implementación.

Por otro lado, para que el trabajo colaborativo sea efectivo, se debe contar con una red acorde a las necesidades de los equipos, softwares y que permita un trabajo colaborativo fluido; se pueden requerir máquinas adicionales como servidores u otro tipo de equipos, además de una configuración adecuada. Dado el alto nivel técnico que se puede requerir, siempre es recomendable, si es que no está incorporado en la empresa, contar con la asesoría de un especialista en informática y redes para que, junto con el soporte del software, se logre una instalación completa, efectiva y eficiente.

Para que se tenga una idea de las propiedades de las máquinas, necesarias para trabajar con estos softwares pondremos un ejemplo con REVIT:

¿Qué ordenador necesito para trabajar con REVIT?

Digamos que los requisitos van en función del tamaño del modelo de REVIT con el que vayas a trabajar. A mayor tamaño, mayores requisitos. No será lo mismo diseñar una casa en un lago, un edificio de vivienda o un rascacielos.

~~Sistema operativo:~~ como mínimo es aconsejable Microsoft Windows7 y Windows Server si vas a trabajar con tu equipo en un servidor local.

~~Disco duro:~~ preferiblemente tipo SSD-unidad de estado sólido- en lugar de HDD. Con 5 Gb de espacio libre es suficiente

~~Unidad central de procesamiento:~~ la principal diferencia está en el procesador, la memoria RAM y la tarjeta gráfica.

Casa en un lago: Intel Core™i3

Edificios de viviendas: Intel Core™i5

---

Rascacielos: Intel Core™i7

~~Memoria RAM~~

Casa en el lago: 4Gb

Edificios de viviendas:8Gb

Rascacielos:16Gb

~~Tarjeta gráfica:~~ recomendable que la tarjeta sea dedicada, en lugar de integrada. Es decir que tenga su propia memoria- reservada para la tarjeta(Ortega, 2019).

### 1.5.3 Dimensiones

Las distintas etapas de diseño y gestión de una infraestructura, junto con la fase de mantenimiento y desmantelamiento de la misma son desarrolladas en el modelo BIM con sus siete dimensiones, según (Cuartero, 2018) estas son:

**1<sup>ra</sup> dimensión: la idea.** Todo proyecto implantado de acuerdo a la metodología BIM parte de una idea inicial. En esta primera dimensión se incluiría actuaciones tales como la determinación de la localización y las condiciones iniciales de la estructura.

**2<sup>da</sup> dimensión: el boceto.** Tras la fase inicial se procede a la preparación de la fase de boceto, en la cual se determinan las características genéricas del proyecto. Forma parte de esta fase la preparación de la modelización mediante el software BIM, el planteamiento de los materiales, la definición de las cargas estructurales, la determinación de las dimensiones energéticas del proyecto y el establecimiento de las bases para la sostenibilidad en general de este.

**3<sup>ra</sup> dimensión: gráfico tridimensional.** Una vez recopilada la totalidad de la información respectiva a las dos primeras dimensiones es momento de proceder a la modelización geométrica de la infraestructura en formato 3D.

**4<sup>ta</sup> dimensión: el tiempo.** He aquí la principal señal de identidad que caracteriza y diferencia al BIM de otras metodologías y/o softwares de trabajos tradicionales: el dinamismo. Frente a los modelos de proyecto puramente estáticos en la realidad, la metodología BIM aporta una nueva dimensión temporal.

---

**5<sup>ta</sup> dimensión: el costo.** Esta fase comprende el análisis y estimación de los costos del proyecto, además de su control a medida que este avance o se vea modificado. Al integrar BIM información detallada de cada uno de los elementos integrantes, es relativamente sencillo generar informes presupuestarios en cualquier momento de la vida de la infraestructura.

**6<sup>ta</sup> dimensión: el análisis de sostenibilidad.** Se trata del planteamiento y simulación de las alternativas contingentes y analizarlas, a fin de determinar cuáles de ellas son más adecuadas para ser llevadas a cabo.

**7<sup>ma</sup> dimensión: la gestión del ciclo de vida.** BIM representa un entorno de gestión en el que se localiza y organiza información referente a la infraestructura a lo largo de toda su vida útil.

De esta forma, existe un proceso de modificación y retroalimentación continua que registra todas las variaciones entre el proyecto inicial y la realidad, de tal manera que exista una total correspondencia entre el modelo BIM y el resultado real.

## **1.6 Metodología y herramientas**

### **1.6.1 Niveles del BIM**

Uno de los primeros conceptos que es necesario definir para entender la implementación progresiva de la metodología BIM, son los denominados niveles del BIM. Fue un concepto aceptado por Reino Unido, el cual pretende definir los diferentes estados evolutivos que existen y que tienen que producirse para trabajar finalmente de forma integral y colaborativa con los sistemas BIM. En el mundo de la construcción se tiene entendido que cualquier cambio brusco puede perjudicar funcionamiento y resultado, aun siendo percibido para obtener una mejora. Es por eso que es necesario un cambio gradual, en el cual se vayan asimilando poco a poco nuevas formas de trabajar, así también como familiarizarse con las nuevas tecnologías ofrecidas, tanto software como hardware. Por ello se establecieron una serie de hitos de implementación fácilmente identificables, que forman los niveles de desarrollo BIM (Brugarolas, 2016).

---

Existen únicamente cuatro niveles distintos (del cero al tres), cuyo salto de uno a otro es a veces materia de debate. Sin embargo, pudieran definirse los niveles del siguiente modo (Brugarolas, 2016).

### **Nivel 0**

El nivel 0 define el estado de trabajo en el cual no existe ningún tipo de colaboración, es decir, en el cual uno de los agentes que participan en un proyecto elabora su propia documentación y el traspaso de información es reducido y limitado. Corresponde a la metodología de trabajo tradicional, la empleada durante aproximadamente 15-20 años. La forma de dibujar y representar es totalmente en dos dimensiones y el método de comunicación y presentación se basa en el papel o la impresión de planos. La tecnología está basada en los softwares CAD.

### **Nivel 1**

En el nivel 1 ya encontramos una mezcla del trabajo 2D y 3D con los softwares CAD. La finalidad del dibujo en tres dimensiones es poder mostrar de una forma más visible y, en consecuencia, entendible los proyectos, para obtener una conceptualización clara de qué se está dibujando y que impacto tiene. Por otro lado, la documentación 2D, básicamente planos y detalles, conforma la documentación del proyecto desde un punto de vista más técnico y funcional en una primera instancia y, posteriormente, ejecutar lo establecido. Dicha forma de trabajar es actualmente la más común en los despachos de arquitectura e ingeniería, en la cual sigue sin haber una colaboración clara y continua entre las diferentes disciplinas y entes participativos.

### **Nivel 2**

El nivel 2 se define por la introducción del trabajo colaborativo en la metodología de trabajo. Nos encontramos en un modelo de trabajo en el cual todos los agentes trabajan con herramientas o ya incluso BIM, pero no todos ellos trabajan el mismo modelo compartido. Sin embargo, en este nivel aparece la colaboración de agentes, cuando existe un intercambio de información entre ellos mismos. Toda o parte de la información y documentación de diseño es compartida mediante un tipo de archivo común o distinto, pero que permite a cualquier

---

agente el uso de la misma. Tal y como veremos más adelante, existen diferentes tipos de archivos estándares que permiten el intercambio de datos, destacando principalmente el archivo de formato IFC.

### **Nivel 3**

Por último, el nivel 3 o también conocido como Open BIM, viene caracterizado por la colaboración e interoperabilidad entre los diferentes participantes, desarrollando un modelo único que es compartido mediante un servidor accesible por cualquier agente desde cualquier lugar. Dicho nivel corresponde al destino de esta metodología. Pero para poder garantizar un marco que respalde a dicha forma de trabajo, es necesario definir ciertos aspectos legales y, lo más importante, una asimilación de los cambios por parte del sector. Con el alcance de dicho nivel será ya posible trabajar todo el ciclo de vida de un edificio, alcanzando finalmente la práctica integrada.

#### **1.6.2 Trabajo colaborativo**

La piedra angular del BIM reside en el trabajo colaborativo entre los diferentes agentes. Pero dicha forma de trabajo sería inalcanzable si no fuese gracias a los programas informáticos, que permiten trabajar a diferentes profesionales en un mismo instante de tiempo y, lo que resulta más interesante, de manera coordinada sobre un modelo único en tiempo real (Brugarolas, 2016).

El aprendizaje de los nuevos softwares y programas informáticos no es lo únicamente necesario para llegar al trabajo colaborativo, sino que es fundamental un cambio en la concepción en los sistemas de trabajos de la construcción, siendo esto más bien un factor humano. Para llegar a trabajar de forma colaborativa e integrada, los profesionales y otros agentes del sector de la construcción deben cambiar radicalmente los procesos y flujos de trabajo y documentación, las formas de hacer tradicionales, de profesionales que ya llevan un tiempo considerable realizando su trabajo de una misma forma. La comunicación, coordinación y buen entendimiento entre las partes es imprescindible para un buen desarrollo del proyecto en todo su ciclo de vida, ser más eficientes y sobre todo poder obtener la información útil (Brugarolas, 2016).

---

Uno de los principales objetivos del BIM, es la necesidad de establecer una plataforma que permita el intercambio de información entre agentes tanto en la fase de diseño como de construcción. Con el BIM y la modelización virtual es posible el trabajo colaborativo en tiempo real, agilizando y optimizando desde cualquier lugar del mundo. Con todo esto es posible anticiparse a la mayoría de imprevistos minimizando riesgos (Brugarolas, 2016).

Varios profesionales y expertos del BIM destacan que esta metodología sí que supone un cambio importante en el mapa de procesos y flujos de la información respecto a los que se emplean en la forma de trabajo convencional. Dichos cambios permiten pasar de un flujo lineal de la información a un flujo circular. Este cambio radical no es comparable con los cambios en los mapas de proceso cuando aparecieron y se expandieron los ordenadores y softwares CAD. Éstos permitieron una mayor agilidad y calidad final en la redacción de proyectos, no un cambio en los flujos de información.

Anteriormente hemos mencionado la existencia del archivo IFC que permite el traspase de información entre los agentes involucrados en un proyecto. El desarrollo de estos nuevos tipos de archivos es fundamental en la metodología BIM, permitiendo una interoperabilidad entre los diversos agentes y programas empleados logrando con estos un trabajo colaborativo. Pero al mismo tiempo es necesaria la existencia de una plataforma o servidor donde queden almacenados nuestros proyectos y puedan ser empleados en cualquier momento en cualquier lugar. Hoy en día existen diversas maneras de almacenar información en la nube, incluso ciertas empresas generadoras de softwares también han desarrollado las suyas propias, como es el caso de Autodesk (Brugarolas, 2016).

De manera resumida podríamos definir el trabajo colaborativo en los siguiente cinco puntos clave:

### **Tecnología cliente- servidor**

La base de trabajo está compuesta por un servidor central donde se almacena el modelo y resto de la información por los ordenadores y otros hardwares de los agentes implicados. De manera que el servidor mantendrá el modelo BIM completo y actualizado en cada proyecto, mientras que los miembros de cada

---

equipo trabajarán en ordenadores locales enviando y recibiendo cambios entre el servidor y su software BIM(Brugarolas, 2016).

### **Reserva de elementos**

Dentro del trabajo colaborativo es muy importante haber definido con anterioridad quién llevará a cabo cada parte del proyecto. Para ello, es adecuado que se establezcan maneras de reservar y entregar, una vez iniciado el proyecto, elementos del modelo y otros datos relacionados con el mismo(Brugarolas, 2016).

### **Roles o perfiles**

Los perfiles de cada usuario o profesional serán distribuidos según el criterio del BIM Manager y las cualidades que presente cada trabajador. De este modo resultan completamente configurables e incluso se podrán crear perfiles híbridos para usuarios con diversas competencias. Cargando con la responsabilidad de que el trabajo colaborativo fluya correctamente, el BIM Manager es imprescindible para su correcto desarrollo(Brugarolas, 2016).

### **Mensajería integrada**

Para un correcto desarrollo del trabajo colaborativo es necesario establecer y definir el centro de comunicación que mantendrá el flujo del modelado. Permitirá la trazabilidad y seguimiento del proceso dentro del mismo proyecto, así como también la actualización progresiva del modelo a medida que se vaya definiendo. Existen diversas herramientas para la comunicación entre los agentes, desde la tradicional vía de correo electrónico hasta softwares especializados en intercambio de información BIM, como es el caso de Revizto Workspace(Brugarolas, 2016).

### **Administrador del servidor web**

El administrador del servidor web necesitará tener acceso universal, podrá acceder remotamente desde cualquier ubicación. Administrará el proyecto y el servidor. Será el encargado de separar a los jefes de tecnología y los coordinadores de proyectos, es decir, el BIM manager y el coordinador BIM, permitiendo un acceso controlado(Brugarolas, 2016).

---

Para concluir lo visto sobre el trabajo colaborativo se enumeran las ventajas que aporta este a las empresas (Brugarolas, 2016) :

- Supone una mejor eficiencia de los proyectos, ya que los profesionales podrán trabajar en el mismo proyecto de forma simultánea.
- Habiendo definido los roles y áreas de trabajo para cada profesional, se obtiene una mejor organización del trabajo, evitando las duplicaciones.
- Con la accesibilidad del proyecto por parte de todos los integrantes se consigue una transparencia, de manera que todos los miembros de un proyecto pueden comprobar el estado actual del mismo en cada momento.
- Rapidez, como la cantidad de datos transferidos con los nuevos servidores es relativamente pequeña, ya que consiste principalmente en modificaciones y actualizaciones del modelo, la transferencia de datos no depende del tamaño de los archivos, lo que hace posible trabajar a través de cualquier red e incluso internet.
- Gracias al sistema de reserva de elementos y al rápido intercambio de datos, los miembros del equipo tienen la flexibilidad de poder acceder a cualquier parte del proyecto en cualquier momento, independientemente del tamaño de la empresa o de la complejidad del proyecto.
- El servidor se convertirá en un componente dinámico en el proceso y permitirá garantizar la seguridad de los datos. Éste impedirá la inserción de datos corruptos. Si los datos del cliente resultan dañados en la red, el servidor los filtrará e impedirá que los datos dañados se integren en la base de datos del servidor.
- Trabajo offline, los profesionales podrán crear nuevos elementos o modificar aquellos que pertenezcan a su área de trabajo incluso en modo de trabajo offline, cuando en aquellos momentos dados no exista conexión entre el BIM Cloud/Servidor BIM y su software local. Una vez se establezca la conexión podrán volver a enviar y recibir los cambios.

Esta nueva forma de trabajo puede solventar uno de los problemas que asfixian más a las empresas de hoy en día. Con tal de ofrecer gran variedad de servicios,



---

contratan personas que pueden estar ciertos periodos de tiempo sin ningún proyecto en activo, suponiendo un costo fijo para la empresa. Es por esta misma razón, que la posibilidad de trabajar colaborativamente en un mismo modelo desde tu propia casa o despacho, permite a una empresa o grupo de trabajadores poder ser más flexibles y ofrecer más variedad de servicios en dependencia de los proyectos que se consigan, pudiendo disponer de una red de profesionales sin la necesidad de estar ligados laboralmente entre sí, comunicados en tiempo real entre ellos y sin la inconveniencia de la situación geográfica de cada participante (Brugarolas, 2016).

### **1.6.3 IFC Interoperabilidad**

Como hemos visto anteriormente el BIM no consiste únicamente en un software común para todos los agentes y tipos de proyectos, BIM es más que eso, es una metodología que recoge diversas herramientas y softwares, tanto de representación, cálculo y simulación. Por todo esto es la necesidad de trabajar con toda esa variedad de programas que permite aportar valor añadido al proyecto, sin tener que hacer y deshacer cada vez que empleamos uno de ellos (Brugarolas, 2016).

Para garantizar que esta diversidad de softwares se convierta en una gran ventaja de la metodología BIM y no represente un inconveniente para el desarrollo del proyecto, la IAI (International Alliance for Interoperability) ha desarrollado un formato de datos de especificación abierta para el intercambio de información en el sistema BIM, IFC (Industry Foundation Classes) con el propósito de convertirse en un estándar que facilite la interoperabilidad entre los diferentes programas informáticos del sector de la construcción, este ha sido el formato más utilizado a nivel mundial y con mejores resultados en el sector (Brugarolas, 2016).

#### ~~IFC como un estándar de intercambio de información BIM~~

IFC es un estándar abierto para el intercambio de los datos de un modelo de infraestructura, usado en un diseño constructivo a través de diferentes softwares. Este formato es usado para intercambiar información de un equipo de proyecto

---

y entre softwares usados en el diseño, construcción, gestión, mantenimiento y operación del mismo.

Alcanzar la interoperabilidad completa entre las diversas herramientas informáticas empleadas por los agentes de la construcción es muy difícil de desarrollar y conseguir, ya que cada programa trabaja con códigos informáticos diferentes, siendo compleja la comunicación perfecta entre ellas. Es pues imprescindible conocer de antemano el alcance de la interoperabilidad mediante IFC entre diversos programas, para trabajar así de la manera más eficiente y rigurosa posible (Brugarolas, 2016).

Sin embargo, aunque al día de hoy no se haya alcanzado una interoperabilidad perfecta entre las herramientas informáticas, se obtiene un gran ahorro de horas de trabajo y comunicación entre los agentes involucrados en un mismo proyecto. La conversión de archivos provenientes de softwares de modelado a IFC, y su importación a otros softwares de cálculo o dimensionamiento, hace que los proyectos adquieran otro nivel de eficiencia y calidad en sus etapas de desarrollo, en la entrega del modelo, creación de documentación de cómo construir y en las tareas de administración (Brugarolas, 2016).

#### **1.6.4 Modelación Digital 3D**

Las herramientas de modelado BIM permiten dibujar y trabajar directamente con figuras 3D, a diferencia de los softwares de representación CAD, permitiendo ir modelando con la misma secuencia y lógica con la que vamos a construir. No solo obteniendo un modelo tridimensional, sino una fuente de información presente en todo el ciclo de vida del proyecto, documentación gráfica, planos de plantas, alzados y secciones están disponibles fácilmente con este único modelo 3D. Esto cambia radicalmente la composición de nuestros planos, lo que antes eran únicamente líneas y figuras geométricas planas se convierten en sistemas y elementos constructivos (Brugarolas, 2016).

Una de las principales ventajas de tener una relación directa entre un único modelo y los planos, es que existe una vinculación directa entre ellos. Es decir, cualquier cambio realizado al modelo repercutirá directamente en todos los planos del proyecto, actualizándose instantáneamente, significando el fin de las

---

interminables modificaciones que debían ser realizadas cada vez que se modificaba el proyecto o se hacía un pequeño cambio con las herramientas CAD. También existe un último valor añadido, y no por último menos importante, permitir a los profesionales ir viendo el modelo exactamente cómo va a ser construido y visualizarlo en todo su ciclo de vida, sin duda optimiza en gran medida su construcción, sin la necesidad de abstracción que requieren las vistas de planos en 2D(Brugarolas, 2016).

#### **1.6.5 Modelado paramétrico**

La clave del BIM no reside únicamente en la forma de representación y creación de la documentación gráfica sino, como su propio nombre lo indica, la información es el pilar fundamental de la metodología. Ya hemos dicho anteriormente que a la hora de trabajar con estos softwares BIM, no dibujamos líneas sino elementos, pero al mismo tiempo estos elementos tienen una información contenida, toda la que queramos adjuntarle: dimensiones, propiedades físicas, precios, mediciones, fabricantes(Brugarolas, 2016).

La modelación paramétrica es una de las razones de ser de la metodología BIM. Es precisamente donde este sistema demuestra su potencial y principal diferencia con un sistema CAD o un modelo convencional ya que los parámetros añaden dinamismo y flexibilidad al proceso. Si bien hacen que la creación de elementos sea un poco más compleja, por otro lado, facilita exponencialmente su modificación, codificación y medición.

Los parámetros, por definición, son datos necesarios para valorar un elemento. Utilizados para realizar un modelo, incorporan en las variables que pueden ser editables, logrando así, piezas dinámicas y fácilmente editables en lugar de elementos definitivos.

En lugar de tener una pieza que mida 15x15x10 tendremos una pieza que mida X x Y x Z, y una ventana en donde poder cambiar sus dimensiones de forma ágil y sencilla.

Con el modelado de construcción paramétrico de última generación, el software BIM puede coordinar un cambio realizado en cualquier parte, incluso en hojas

---

listas para impresión, donde sea relevante: vistas 3D y hojas de dibujos, tablas de planificación y elevaciones, secciones y planos.

¿Por qué es tan importante para BIM el modelado de construcción paramétrico? BIM es un enfoque del diseño de edificios que se caracteriza por la creación y el uso de información computable, coordinada y con coherencia interna sobre un proyecto de construcción. La fiabilidad de la información del edificio es la característica esencial de BIM y de sus procesos digitales de diseño. Las soluciones BIM que utilizan modeladores de construcción paramétricos proporcionan información del edificio más coordinada, más fiable, de mejor calidad y con mayor coherencia interna que el software de CAD de objetos que se han readaptado a BIM. Las aplicaciones concebidas específicamente para BIM y que utilizan un modelador de construcción paramétrico, como REVIT, proporcionan este tipo de información por su diseño, gracias al funcionamiento natural del software.

Un modelo de construcción paramétrico combina un modelo de diseño (geometría y datos) con un modelo de comportamiento (gestión de cambios). Todo el modelo de edificio y el juego completo de documentos de diseño se encuentran en una base de datos integrada, donde todo es paramétrico y todo está interconectado.

El modelado de construcción paramétrico capta la verdadera esencia del diseño: la intención del diseñador. Además de simplificar la creación de edificios con el software, la sencillez de la edición paramétrica permite un análisis más detallado del diseño, lo que se traduce en un mejor diseño de los edificios.

#### **1.6.6 LOD (Level of Detail) o nivel de desarrollo**

El nivel de desarrollo de un proyecto llevado a cabo bajo metodología BIM es muy amplio, ya que siempre se podrán agregar características a un determinado elemento. Es por eso que cabe definir en qué nivel de detalle o desarrollo se va a desarrollar el proyecto en cada fase de su concepción, desde los bocetos iniciales o proyecto básico hasta el AS Built (Brugarolas, 2016).

Para poder definir el nivel de desarrollo de un modelo BIM, es necesario primero saber para qué va a emplearse el mismo. Luego, los niveles de desarrollo

---

permiten medir la cantidad y la calidad de la información entregada (Brugarolas, 2016).

De manera resumida, diferenciaremos los distintos niveles de detalles:

### **LOD 100**

El primer nivel, es un diseño conceptual, en el cual se aportará una visión general, que básicamente consistirá en su área, volumen, altura, localización y orientación. Será el punto de partida para crear el proyecto.

A partir de este nivel, podemos obtener el cálculo de costos basándonos en la superficie total o el volumen, así como una estimación de la programación de tiempo de ejecución global.

Aunque este nivel no puede considerarse como un anteproyecto completamente, puede servir como estudio de viabilidad y para la visualización del proyecto por parte del cliente.

### **LOD 200**

El segundo nivel, aporta una visión general con magnitudes, en el que los elementos se modelan como sistemas generalizados o conjuntos con cantidades aproximadas, tamaño forma, ubicación y orientación. Es posible añadir también información no geométrica. El nivel LOD 200 es prácticamente como el LOD 100 con la diferencia de que ya tenemos una idea del acabado exterior y podemos plantear la división temporal de cada fase de la obra de una manera más clara y detallada.

### **LOD 300**

El tercer nivel, aporta información y geometría precisa, a falta de algún detalle constructivo. Nos permitirá generar los documentos convencionales necesarios que componen un proyecto, toda su normativa y documentación técnica, además del presupuesto estimado de ejecución material y la programación inicial por unidades de obra. Por ello, en este nivel, las distribuciones interiores deben estar acabadas. Permite desarrollar estimaciones de costos sobre los datos específicos proporcionados. Todas las capas que componen los elementos

---

constructivos deben estar ya definidas, así como los acabados. Se trata de un modelo que contiene gran cantidad de información útil.

### **LOD 350**

Este nivel de desarrollo es el intermedio entre el 300 y el 400. Hasta ahora se tenía un modelo con mucha información de los elementos que lo componían, pero esta información a veces no era específica, por lo que especifica aún más la información del elemento, así como también se obtiene una geometría más exacta y precisa.

### **LOD 400**

Alcanzado este nivel, el modelo cuenta con los detalles necesarios para la ejecución del edificio, pues los elementos que lo componen tienen información precisa de fabricación, montaje, ensamblaje y detalles necesarios para la construcción del edificio.

Gracias a la exactitud y claridad de la información, el presupuesto y la programación temporal tendrán una estimación muy cercana a la realidad y la estimación de costes se hará en base al costo real de los elementos que contiene el modelo.

### **LOD 500**

Representa el proyecto que ya se ha construido, son las condiciones conforme a obra. Se trata del modelo adecuado para el mantenimiento y funcionamiento que se le facilitará al Facility Management para la fase de explotación del edificio. Este modelo reflejará todos los cambios que se han producido a lo largo de la obra. Es lo que se conoce como el modelo “As built” es decir, tal y como se ha construido.

## **1.7 Conclusiones parciales del capítulo 1**

Al concluir el capítulo 1 podemos destacar como aspectos importantes:

- La necesidad de entender primeramente qué es el BIM y qué representa para la construcción, es el primer paso para la adopción del modelo.

- 
- El modelo posee la ventaja de disponer de un contenedor único basado en un modelo virtual 3D el cual nos permite tener toda la información necesaria de un proyecto en todo su ciclo de vida.
  - El modelado paramétrico, a diferencia del método tradicional, hace que un elemento no sea solamente un dibujo, sino que el mismo posea toda la información necesaria para una correcta construcción como puede ser: material, fabricante, costo etc.
  - Se tiene un modelo virtual en 3D vivo, en el que puede realizarse cualquier cambio durante la vida útil de una edificación.
  - Uso obligatorio en diversas naciones por la confiabilidad y garantía que les brinda a los clientes.
  - Logra la interoperabilidad entre especialidades mediante varios formatos, especialmente el IFC, el cual permite la exportación de datos entre los llamados softwares BIM.
  - Necesidad de un mayor estudio del tema si se quiere lograr su implementación correctamente en el país e insertar su estudio en las universidades. para esto no basta solamente con revisar la bibliografía ya que para lograr una correcta implementación del BIM es necesaria la práctica y debemos primeramente desarrollar un plan de implementación el cual es, en gran medida, lo que va a garantizar el éxito del BIM en la empresa.
  - La gran variedad de softwares BIM hace un poco engorroso escoger los que se van a utilizar en una empresa determinada, por tanto, es necesario un estudio detallado de las capacidades de la empresa para realizar un flujo de trabajo acorde con sus potencialidades, forma de trabajo y proyecciones.

---

## **CAPÍTULO 2. Plan de implementación BIM en la empresa IDEAR**

La necesidad de partir con un plan de implementación es fundamental para un correcto rendimiento del modelo BIM en cualquier empresa, este marcará el éxito o fracaso del mismo. El estudio detallado de las características de la empresa, actividad que realiza, capacidad profesional, presupuesto con que cuenta, proyección a seguir, entre otras particularidades, son fundamentales para la confección de este plan haciéndolo único e irreplicable para otras entidades.

Tras la adquisición de conocimientos con los estudios bibliográficos realizados en el capítulo anterior, tomando como base las experiencias alcanzadas por algunas empresas del país y un estudio realizado en las empresas de Cienfuegos se realizó este plan de implementación que marcará el comienzo de un largo camino en la empresa IDEAR de Cienfuegos hacia el BIM.

### **2.1 Situación actual del BIM en la provincia de Cienfuegos**

Con la visita a las empresas ENPA de Cienfuegos, al grupo de proyectos de la Refinería de Cienfuegos, la experiencia adquirida en IDEAR y el análisis de los resultados de una encuesta aplicada (Anexo 1) en estas empresas, se puede concluir que la situación actual del BIM en la provincia se encuentra todavía en una etapa inicial del modelo.



---

Las empresas están conscientes de la necesidad y los beneficios que el modelo les brinda, tanto para su desarrollo profesional como para el bienestar y satisfacción de los clientes, pero a pesar de que los profesionales conocen lo que es BIM no se ha logrado la formación necesaria para echarlo a andar. Existen varios profesionales que han adquirido alguna preparación en BIM, principalmente en cursos impartidos por la empresa AICROS en La Habana, pero no es suficiente para empezar a implementar el modelo ya que, primeramente, deben brindar capacitación al resto del equipo de trabajo para comenzar a emplearlo. Un ejemplo muy claro de lo anteriormente expuesto es la ENPA, que es la empresa con más avance rumbo a la implementación del BIM en la provincia, pues posee su plan de implementación y ha trabajado en el soporte técnico necesario para implementar el modelo, o al menos para empezar con proyectos pilotos, al crear en el servidor de la empresa un espacio único para los trabajos BIM, permitiendo que las distintas especialidades puedan trabajar sobre un proyecto único desde sus ordenadores, pero los especialistas no están en condiciones aun de comenzar su implementación por falta de capacitación y los pocos que la han adquirido están concentrados en transmitírsela al resto del equipo de trabajo.

Lo más positivo que se logra captar en todas las empresas mencionadas es que los altos directivos están conscientes de la necesidad de cambio y están involucrados con el proceso. La principal resistencia se manifiesta en algunos profesionales, principalmente los de mayor edad laboral, para quienes resulta difícil, después de haber trabajado tantos años de una forma, tener que cambiarla; no obstante, también coinciden en que el modelo proporciona varias ventajas y que su aplicación significaría un gran avance a nivel de empresa y desarrollo profesional.

## **2.2 Situación actual del BIM en la empresa IDEAR**

Encuesta realizada.

Analizando los resultados de la encuesta realizada a los trabajadores de la empresa para detectar actitud ante los cambios e innovación y estado de

---

conocimiento actual sobre BIM podremos tener una idea sobre la situación en que se encuentra la empresa de cara a la implementación del modelo.

Fueron encuestados 25 trabajadores en la empresa, pertenecientes a distintos departamentos y especialidades.

Conocen lo que es BIM: 23

Poseen formación o información sobre el BIM: 20

La mayoría de los que poseen formación o información acerca del BIM la adquirieron de forma autodidacta (11) y en menor medida mediante la empresa (7), otros la han adquirido mediante las conferencias de dirección (4).

Las herramientas BIM más conocidas por los trabajadores son en este orden:

- Autodesk REVIT
- Graphisoft ArchiCAD
- SketchUp
- Robot
- Tekla
- CYPE

Las herramientas BIM más utilizadas por la empresa para la gestión de proyecto son en este orden:

- Autodesk REVIT
- SketchUp
- Otras como: el AutoCAD, Civil 3D y Robot

La importancia de las herramientas BIM en las diferentes etapas del proyecto.

Diseño y modelación 3D: la mayoría coincide en que los más importantes y necesarios son, el Autodesk REVIT y ArchiCAD.

Análisis estructural: el ETABS, el Tekla y el Robot.

Organización de obras (costo y tiempo): Autodesk REVIT y ArchiCAD.

El nivel de conocimiento que ellos piensan que tienen es relativamente bajo, están entre consultor y un conocimiento básico.

---

La principal motivación para utilizar las herramientas y metodologías BIM que poseen es que están conscientes que es necesario para su desarrollo personal y profesional.

En la empresa se están dando los primeros pasos para la implementación del BIM precisamente con este plan que se está desarrollando y con algunos trabajadores que han recibido formación BIM; están trabajando con algunas de sus herramientas, pero la interoperabilidad no existe. Haciendo referencia a los Niveles BIM expuestos en el capítulo anterior la empresa se encuentra en el nivel 1.

Las personas que poseen conocimiento y formación acerca del modelo consideran que el aporte de esta tecnología y sus herramientas en términos de tiempo, costos, calidad, detección de vulnerabilidades en etapas tempranas del proyecto, corrección de errores y novedades que incluyen es muy considerable; no tanto así la facilidad en la forma de trabajo, la cual si requiere una formación un poco compleja.

La gran mayoría está consciente de que el nivel de satisfacción que le proporciona el empleo del BIM a los clientes es elevado gracias a las garantías que les brinda.

La resistencia al cambio en la empresa es como en las analizadas anteriormente, depende mucho de la edad ya que es más difícil para los trabajadores con más años de experiencia cambiar su mentalidad de trabajo, en cambio la resistencia en los más jóvenes es muy poca.

### **2.3 Plan de implementación BIM en la empresa IDEAR**

El Grupo Empresarial de Diseño y Construcción(GEDIC), CUBA realiza importantes acciones para implantar BIM en sus empresas, como estrategia para ganar en calidad documental, coherencia y eficiencia; fomentando el trabajo en equipo y acortamiento de plazos en ejecución como metas, para pasar de constructora convencional a basada en entorno virtual(Monzón, 2017).

La Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos (IDEAR), perteneciente a dicho grupo, se integra a estas acciones adaptándolas a su entorno específico a

---

través de un plan de implementación utilizando los softwares Autodesk R, STAAD. Pro y EXCEL, con el objetivo general de evaluar la factibilidad de la implementación de las tecnologías en la optimización de sus procesos de gestión y reducir los riesgos asociados al desarrollo de los proyectos; de manera que se puedan explorar conceptos y formas del diseño desde el inicio, como herramienta para optimizar, documentar y apoyar decisiones en la ejecución de obras(Monzón, 2017).

Teniendo en cuenta los siguientes objetivos BIM y propósitos en los diferentes sectores:

#### Flujo de trabajo y procesos

- Esquema de trabajo
- Seguridad
- Gestión de la información

#### Personal

- Colaboración en equipo
- Roles basados en el entrenamiento
- Intercambio de información

#### Tecnología

- Apropiada a los objetivos BIM
- Buena interoperabilidad
- Mejorar el proceso actual

#### Se quiere:

1. Proponer una metodología para implementación de la tecnología BIM en la Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, (IDEAR).
2. Elaborar el plan de implementación de la tecnología BIM, basado en la metodología propuesta.
3. Evaluar la factibilidad de la implementación.

---

### **2.3.1 Análisis general de la empresa para elaborar la propuesta de metodología**

La Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos. IDEAR, perteneciente a la Organización Superior de Dirección Empresarial de Diseño, con domicilio legal en Ave 60 # 4302 e/ 43 y 45, Cienfuegos, brinda servicios técnico-profesionales de proyección y diseño, ingeniería, consultoría y topografía aplicados a la construcción e integrados de ingeniería para inversiones y obras(Monzón, 2017).

Según Resolución No 273/04 el Comité de Certificación de la Oficina Nacional de Normalización aprueba el 28 de octubre de 2004 la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad de la empresa, con alcance de diseño de obras de arquitectura, ingeniería y tecnológicas, servicios de consultorías técnicas relacionadas con la construcción, servicios de topografía, fundamentando su decisión en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma NC-ISO 9001-2001: Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos avalados mediante auditorías efectuadas por equipos de auditores especializados designados por la Dirección de Evaluación de la Conformidad de la Oficina y renovada su Certificación en diciembre de 2008(Monzón, 2017).

Aprobada y registrada como marca comercial ante la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial con Certificado No 2003-0634 y concedido por Resolución 4224/2004, dado en La Habana el 3 de febrero de 2006, renovada en el 2013 según Resolución No.3245/2013, a los 7 días del mes de noviembre de 2013(Monzón, 2017).

#### **Misión**

La Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos. IDEAR, entidad de profesionales que brinda servicios de topografía, diseño, consultoría y otros trabajos afines para obras de construcción y montaje, cuenta con personal competente y tecnología que, soportados sobre un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las NC-ISO-9001/2008, se mejora continuamente para cumplir los requisitos y las expectativas de los clientes y partes interesadas.

Ser líder en el mercado con servicios de excelencia aplicando el Sistema Integrado de Gestión.

The organizational chart for the 'Proyecto de Mejoramiento de la Infraestructura Vial' is structured as follows:

- Director General** (at the top)
  - Director de Gestión de Proyecto.** (connected to the Director General by a dashed line)
    - Grupo de Diseño 1**
    - Grupo de Diseño 2**
    - Grupo de Edición y Reproducción**
    - Grupo de Topografía Viales**
  - Director de Proyecto**
    - Proyectista General**
      - Especialistas Arquitectura**
      - Especialistas Estructura**
      - Especialistas Hid. Y Sanit.**
      - Especialistas de Eléctrica y Mecánica**
      - Especialista Presupuesto**
      - Equipo de trabajo de Topografía**
      - Espec. en Viales y Mov. de Tierra**
  - Especialista Calidad** (connected to the Director General by a dashed line)
    - Máximo responsable de la calidad del servicio** (highlighted with a red border)

Arrows indicate the flow of work and reporting: The 'Grupo de Edición y Reproducción' and 'Grupo de Topografía Viales' report to both the 'Director de Proyecto' and the 'Equipo de trabajo de Topografía'. The 'Proyectista General' oversees the entire technical team, including the 'Especialistas' and the 'Equipo de trabajo de Topografía'.

### Composición del equipo humano.

67

---

Identificación del personal con conocimiento BIM.

Como resultado del proceso y la información recopilada se realiza la selección de los potenciales integrantes del equipo BIM (personas proactivas al cambio, con capacidad o autoridad para redefinir procesos o proponer modificaciones de los mismos).

Se define un equipo conformado por:

Grupo de Dirección Técnica y Desarrollo y 5 proyectistas, que se capacitan y llevan el conocimiento a las áreas de trabajo.

Infraestructura de la organización.

Los espacios de trabajo cuentan con la tecnología y equipamiento para la implementación de la tecnología BIM. Los grupos de proyecto están compuestos heterogéneamente integrando todas las especialidades, que se aprovecha como potencialidad para el trabajo colaborativo futuro.

Análisis general sobre software e Infraestructura IT existente (redes, servidores, sistemas de seguridad y almacenamiento).

En general la empresa cuenta con una tipología de redes estrella, un servidor profesional y niveles de seguridad según usuario. Los proyectistas cuentan con los softwares y tecnología computacional requerida para la implementación del BIM, logrado mediante el trabajo sistemático de la Dirección Técnica y la Dirección General para el mejoramiento de la tecnología computacional.

### **2.3.2 ¿Por qué es necesaria la implementación del BIM en IDEAR?**

La entidad está confrontando una serie de dificultades que afectan la eficiencia y eficacia de la gestión, algunas de ella son: estancamiento en índices de la productividad del trabajo, falta de capacitación en las nuevas tecnologías, retrasos en plazos de entrega de algunos servicios, inexactitud en la total compatibilización entre especialidades del diseño, dificultad de acceso a algunos mercados y desactualización de las tendencias internacionales en el diseño.

La implementación del BIM en IDEAR no solo persigue solucionar estas dificultades en la empresa, sino lograr un punto de referencia para otras empresas de territorio y del país a la hora de implementar el BIM, y que las

---

universidades del país cuenten con esta experiencia a la hora de estudiar el BIM en las facultades de construcción.

### 2.3.3 Metodología

La pregunta entonces es: ¿Cómo podemos implementar en la empresa el modelo? Primeramente, tendremos que visualizar nuestros objetivos, aspiraciones, necesidades y aptitudes.

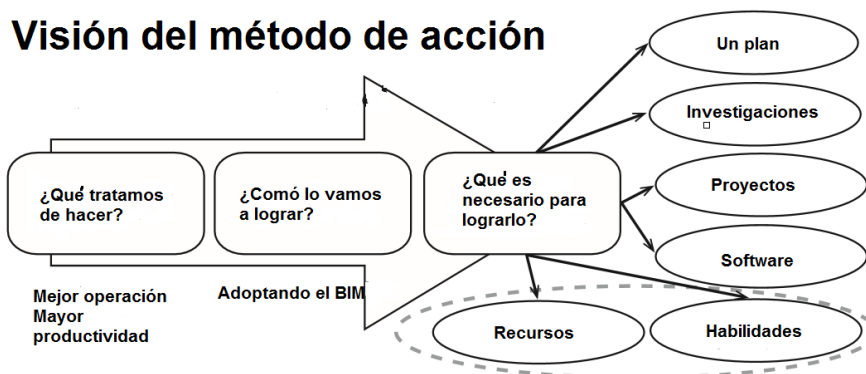


Figura 2.2 Visión del método de acción. Fuente: Operational Knowledge for BIM Adoption and Implementation for Lean Efficiency Gains , Yusuf Arayıcı, Paul Coates

Para la elaboración de este plan fue importante imponer la no interrupción de la actividad de la organización y considerar el solape de las distintas fases de implantación, el desarrollo individual de los profesionales en aras de lograr el desarrollo de un proyecto piloto (con posibilidad de monitorización externa), de gran ayuda para consolidar el proceso de implantación. En todo momento se contó con el apoyo de la máxima dirección de la empresa(Coates, 2013).

### Modelos de implementación

A nivel mundial existen fundamentalmente 3 tipos de modelo para implementación:

Modelo A: renovación completa del equipo introduciendo profesionales consolidados en BIM.



---

Modelo B: introducción de un equipo BIM que ayude y dé soporte a toda la organización.

Modelo C: transformación del equipo existente en la práctica integrada de la metodología BIM.

El modelo que adopta la empresa es el B para paulatinamente ir pasando al C y finalmente combinar con A (Monzón, 2017).

### **Fases de Implementación**

En el caso específico de la empresa se proponen 4 fases para la implementación.

1. Capacitación de un equipo de profesionales.
2. Capacitación y transformación del equipo existente mediante la práctica.
3. Capacitación y transformación del resto de los proyectistas con ayuda del equipo BIM creado.
4. Consolidación mediante la práctica de todos los proyectistas.

### **Propuesta de software**

Como propuesta de software a emplear, siguiendo las líneas de trabajo del Grupo Empresarial (OSDE-GEDIC) y los criterios globales, se emplea el software REVIT en su versión 2017, STAAD. Pro y EXCEL.

### **Mantenimiento, adaptación o adquisición de equipos informáticos.**

Gradualmente se irá mejorando la adquisición de equipos informáticos en función de la planificación de la empresa y su mantenimiento de acuerdo a lo planificado.

### **Mantenimiento, adaptación o adquisición de redes, servidores.**

Gradualmente se irá mejorando la adquisición de equipos informáticos y accesorios en función de la planificación de la empresa y su mantenimiento de acuerdo a lo planificado.

---

### **Propuesta de almacenamiento y comunicación.**

Gradualmente se irá mejorando la adquisición de equipos informáticos y accesorios en función de la planificación de la empresa. No existen problemas en este aspecto. Se cuenta con la disponibilidad necesaria.

### **Perfiles BIM.**

En función del análisis de la empresa y de las necesidades de los clientes los perfiles BIM requeridos por el ámbito de actuación de la organización se orientan de la siguiente manera:

Perfiles BIM con competencias de diseño. (12)

Perfiles BIM con competencias de ingeniería. (18)

Perfiles BIM con competencias de gestión, revisión y coordinación. (2)

Este análisis se realiza en conjunto con todas las direcciones funcionales de la empresa teniendo en cuenta las fluctuaciones del personal, edad de jubilación y personal estable.

### **Plan de formación(Monzón, 2017).**

El plan de formación abarcó desde 2015 con el inicio de formación en curso básico sobre BIM y REVIT (AICROS), La Habana. Posteriormente se sigue ampliando con superación específica para BIM Managers y especialidades (MEP) en Matanzas (EMPAI, 2017). Consecutivamente, como estrategia de la empresa continúa con su propio plan de formación de acuerdo a sus necesidades. El plan abarcará la capacitación por el equipo BIM a los grupos de diseño en diferentes etapas que abarcan los siguientes aspectos:

Formación general sobre BIM (a modo de conferencia general por grupos): importancia de BIM, beneficios de su adopción, expectativas, estado del mercado, terminología BIM, herramientas BIM existentes en el mercado, usos BIM, procesos BIM.

Formación específica: mediante planificación solapada con las funciones de la empresa. Este curso básico lleva implícitos temarios específicos en función de los conocimientos a adquirir.

---

Curso básico de REVIT 2017 para IDEAR.

Horas teóricas: 120 horas (60 días)

Horas prácticas guiadas: 40 horas (20 días)

Resolución de problemas (tareas): 20 horas (10 días)

Aclaraciones de dudas: 10 horas (5 días)

Realización de trabajo de curso: 60 horas (30 días)

Total, de horas: 250 horas (5 meses)

El curso se estructurará en 2 horas diarias proponiéndose el horario de 2:00pm-4:00pm, de manera que se aproveche conjuntamente la jornada laboral en horario de la mañana.

Objetivos generales del curso: el objetivo de este curso es introducirse en el mundo del dibujo arquitectónico e instalaciones con BIM, a través de la herramienta Autodesk REVIT 2017, en su versión en inglés.

Dada la relevancia que cada vez más adquieren progresivamente las nuevas tecnologías para la construcción de edificaciones, la coordinación entre especialidades en un proyecto es un proceso cada vez más complejo, pero es importante dominarla para evitar errores y desviaciones (de plazos y de costos), desde el proyecto y durante la ejecución de las obras, ofreciendo un producto coherente, correctamente organizado y documentado desde el inicio.

De esta forma, este curso se encaminará hacia la enseñanza básica del dibujo de arquitectura y para instalaciones, empleando REVIT 2017; asentando las bases para el futuro del trabajo colaborativo de manera que permita valorar posibles interferencias de las instalaciones entre sí y con elementos estructurales o de arquitectura, para resolverlos de forma adecuada desde el modelo virtual.

Se tratarán aspectos de dibujo en REVIT en general, interfaz gráfica, opciones del programa, así como otros elementos importantes, mediante el uso de tablas y parámetros, así como una breve introducción a la creación y edición de familias MEP y arquitectónica.

---

Al acabar este curso de iniciación, el alumno/a quedará capacitado para resolver el diseño de un edificio medianamente complejo en BIM, con REVIT.

Se utilizará la versión 2017, que se ha instalado en los ordenadores de las personas que recibirán el curso.

### **Valoración de beneficios.**

Se estima que en un período inferior a 2 años todo el personal propuesto trabaje con el programa y quede listo para el trabajo colaborativo. De manera que el beneficio se traduzca en ahorro de plazos de desarrollo de proyecto, costes de personal, eficacia de la organización, costo que se evitan e intangibles no cuantificables como las mejoras de comunicación y coordinación entre los diferentes agentes intervinientes.

### **2.3.4 Factores principales**

Para entender los cambios y las diferentes cuestiones definimos los factores o parámetros que nos conducirán al cambio y las cuestiones esenciales que pueden afectar la implementación del BIM. Aunque los diferentes estudios de la implementación del BIM muestran disimiles puntos de vista del cambio y los factores para el estudio más citados están divididos en 5 campos principales los cuales son: humano, tecnología, procesos, organización y política (Arman M. Koucha, 2018).

El factor humano incluye capacitación y entrenamiento, cultura organizacional y cambios de cuestiones administrativas, la correcta adopción del BIM depende en gran medida de este parámetro. Los diferentes procesos a seguir van a marcar el camino de cómo se va a integrar la parte tecnológica con el factor humano a la hora de desarrollar las actividades correspondientes. Tecnológicamente es de vital importancia la correcta elección de las herramientas, softwares y hardwares para una ejecución práctica del modelo. Estos tres campos dependen del financiamiento que se le pueda dar, a partir de estudios de inversiones, análisis de riesgos y los cambios que se quieran lograr.

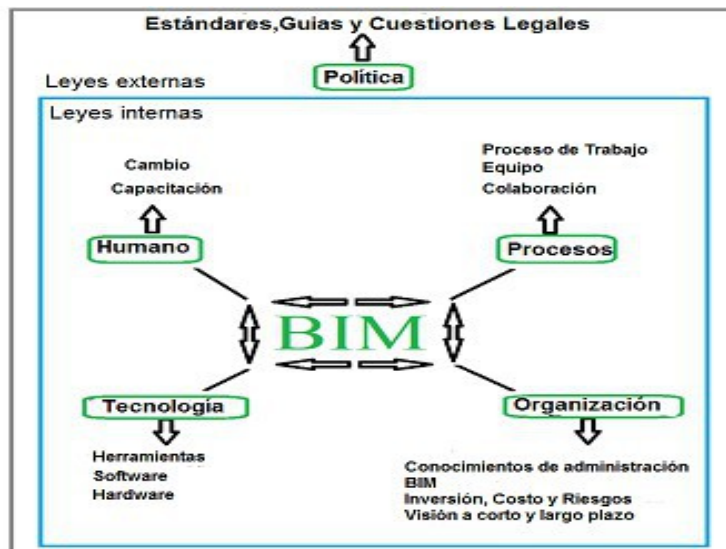


Figura 2.3 Factores principales del BIM y campos fundamentales. Fuente: Key Factors of an Initial BIM Implementation Framework for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), Arman M. Koucha, Kimmo Illikainen and Seppo Perälä, Department of Civil Engineering, Oulu University of Applied Sciences, Finland

Se muestra como se puede centralizar el proceso BIM creando un origen común con las leyes externas correspondientes y como los cuatro factores internos van a estar estrechamente relacionados.

### 2.3.5 Estrategia BIM

La empresa que desee adoptar el BIM debe desarrollar una estrategia en que se identifiquen claramente los objetivos que desean alcanzar. Estos objetivos y cómo ellos van a ser desarrollados deben estar bien articulados y en correspondencia con las necesidades pertinentes de la empresa.

Como parte de este proceso de planificación la empresa necesita preguntarse ¿Dónde estamos y hacia donde queremos ir?

En la empresa IDEAR primeramente se analizaron los pasos a seguir en esta implementación.

#### **Etapas 1 : Entendimiento y capacitación**

- Estudio sobre el BIM
- Visión a largo y corto plazo de los objetivos
- Soporte financiero e inversión

Para el desarrollo de esta primera etapa la empresa, en aras de ir introduciendo las tecnologías BIM desde 2015, se vienen preparando algunos proyectistas en el tema y específicamente en el software REVIT 2014 (2 arquitectos) ALCROS, La Habana; y en 2017 REVIT 2017 (3 arquitectos y 2 ingenieros), Matanzas (EMPAI), para ir introduciendo la práctica en la organización. Se fue consultando la bibliografía existente en internet y las experiencias de empresas nacionales como la empresa de Matanzas (EMPAI).

Tabla 2.1 Evaluación económica financiera. Fuente: Estrategia para la Implementación de la Tecnología BIM, Lázaro Abel Acosta Monzón, Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, (IDEAR).

No	Actividades	Gastos
1	Contratar expertos en la administración BIM	2500,00
2	Capacitar al equipo de trabajo	6500,00
3	Realizar una vigilancia tecnológica inicial para la administración BIM	890,00
4	Hacer diagnóstico del estado del equipamiento, aplicaciones y almacenamiento de informaciones	1400,00
5	Identificar contenido y ubicación de las informaciones requeridas para la creación de las bibliotecas	2300,00
6	Elaborar el manual de administración BIM	3300,00
7	Capacitación de los diseñadores	34500,00
8	Preparación del equipamiento informático con las herramientas de la administración BIM	30000,00
9	Realizar las auditorías programadas	2800,00
10	Implantar un sistema de vigilancia tecnológica	5000,00

11	Retroalimentar el manual de la administración BIM	3500,00
12	Otros gastos	7000,00
<b>TOTAL</b>		<b>99690,00</b>

## **Etapas 2: Planificación**

- Conformación de la idea: experiencias de la tecnología BIM en la empresa y experiencias nacionales e internacionales.
- Presentación de la idea al Consejo de Dirección y al Consejo Técnico Asesor para su análisis y evaluación y así proceder a su aprobación.
- Selección del administrador BIM y su capacitación específica auspiciada por el OSDE en la EMPAI Matanzas. Utilizar el Fórum de Ciencia y Técnica para debatir temas relacionados con las ventajas de la tecnología BIM e impartir conferencias en eventos internos. Seminarios de sensibilización con directivos de la empresa.

## **Etapas 3: Proyecto piloto**

- Confección del manual de la tecnología BIM para comenzar la preparación a los líderes de especialidades que también aportarán al desarrollo de la innovación y, posteriormente, desarrollar la capacitación a todos los diseñadores.
- Prueba preliminar que se desarrollará con la implementación de la tecnología BIM en un grupo de diseño, donde se realizan las pruebas pilotos, las interrelaciones entre especialidades y se comprueba el funcionamiento de la red informática y los servidores, permitiendo la retroalimentación y perfeccionamiento del manual.
- Prueba donde se amplía a toda la empresa pudiendo aumentar las experiencias y retroalimentación y mejorando el perfeccionamiento del manual.

Para una correcta organización y desarrollo de esta estrategia se confeccionó un plan de actividades del proyecto para el periodo de un año.

No.	Actividades	Meses												Dirige	Participan
		A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M		
1	Definir el Representante para la Administración BIM	X												Director General	Consejo Dirección
2	Seleccionar el equipo de trabajo	X												Director General	Admon. BIM y C.D.
3	Contratar Expertos en la Administración BIM	X												Director General	Consejo Dirección
4	Capacitar al equipo de trabajo	X	X											Admon. BIM	Equipo BIM
5	Realizar una vigilancia tecnológica inicial para la Administración BIM		X	X										Admon. BIM	Admon. BIM y Expertos
6	Hacer Diagnostico del estado del Equipamiento, aplicaciones y almacenamiento de informaciones			X										Admon. BIM	Equipo de Trabajo
7	Desarrollar el plan de acción para eliminar o minimizar las barreras identificadas en el diagnostico			X	X									Admon. BIM	Equipo de Trabajo
8	Identificar contenido y ubicación de las informaciones requeridas para la creación de las bibliotecas			X	X									Admon. BIM	Equipo de Trabajo
9	Elaborar el Manual de Administración BIM				X	X	X							Admon. BIM	Equipo de Trabajo
10	Aprobar Manual de Administración BIM						X							Director General	Consejo Dirección
11	Capacitación de los Diseñadores						X	X	X					Admon. BIM	Diseñadores
12	Preparación del Equipamiento informático con las herramientas de la Administración BIM						X	X	X					Admon. BIM	Equipo de Trabajo
13	Implementación de los procedimientos del Manual de Administración BIM						X	X	X	X	X	X	X	Admon. BIM	Equipo y Diseñadores
14	Realizar las auditorías programadas								X		X		X	Admon. BIM	Equipo de Trabajo
15	Implantar un Sistema de vigilancia tecnológica									X				Admon. BIM	Equipo de Trabajo
16	Retroalimentar el Manual de la Administración BIM											X	X	Admon. BIM	Equipo de Trabajo

Figura 2.4 Plan de actividades del proyecto para el periodo de un año. Fuente: ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BIM, Lázaro Abel Acosta Monzón, Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, (IDEAR).

## 2.4 AUTODESK REVIT

El REVIT es el software bandera en la metodología BIM ya que ha sido el más difundido y el más eficiente de esta metodología al punto de que en ocasiones algunas personas piensan que el BIM es solamente REVIT. El software nos brinda la oportunidad de tener un modelo virtual en 3D el cual nos brinda la información actualizada y accesible en un entorno digital integrado que brinda a los arquitectos, diseñadores, ingenieros, constructores y propietarios una mejor visión de sus proyectos contribuyendo a la calidad en el proyecto y ayudando en la rentabilidad de las empresas.

### 2.4.1 Plataforma de REVIT

REVIT es la plataforma de AUTODESK para construir modelos de información (BIM). La plataforma REVIT es un software de diseño de construcción completo y específico para la disciplina y un sistema de información de todas las fases de diseño, documentación de la construcción e incluso fabricación. Desde la captura



---

de estudios conceptuales hasta el desarrollo de los dibujos de construcción más detallados y horarios, las aplicaciones basadas en REVIT ayuda a proporcionar una ventaja competitiva inmediata, entrega de una mejor coordinación y calidad en las fases y disciplina de los proyectos y puede contribuir a una mayor rentabilidad para arquitectos, diseñadores y el resto del equipo de construcción(Sato, 2018).

En las versiones anteriores a la 2013, este software se divide en módulos diferentes para las áreas de arquitectura, estructura e instalaciones MEP; luego de este año, simplemente se le dio el nombre de REVIT y se unifican todos estos módulos en un solo software permitiendo un mejor manejo de la información entre estas áreas. En la última versión 2017, se incorpora el formato de intercambio de datos IFC4 el cual corrige los errores que se presentan en el intercambio de información en los formatos IFC anteriores. El entorno de trabajo del software REVIT permite a los usuarios manipular edificios enteros o ensamblajes (en el entorno del proyecto) o formas 3D individuales (en el entorno del editor de familias) y las herramientas de modelado se pueden utilizar con objetos sólidos prefabricados o modelos geométricos importados(Chacón, 2017).

El software AUTODESK REVIT nuevas herramientas de diseño conceptual fáciles de usar que respaldan su flujo creativo. Dibujar con libertad, crear modelos de forma libre fácilmente y manipular las formas de forma interactiva. Puede definir formas y geometrías como componentes reales de construcción para una transición fluida al desarrollo de diseño y la documentación. A medida que diseñas AUTODESK REVIT construyes automáticamente un marco paramétrico alrededor de sus formularios ofreciendo mayores niveles de control, precisión y flexibilidad. Podemos llevar el diseño desde el modelo conceptual hasta el modelo final totalmente controlado(Sato, 2018).

## **2.5 Conclusiones Parciales del Capítulo 2**

- Se estudia la situación actual del BIM en la provincia, especialmente en las empresas IDEAR, la ENPA de Cienfuegos y en el grupo de proyecto de la refinería de Cienfuegos.

- 
- En la empresa es necesario desarrollar un plan de implementación que, basado en sus potencialidades, características propias, presupuesto y objetivos a seguir, permita el avance en la implementación del BIM.
  - Los estudios demuestran la necesidad de la implementación del modelo BIM en las empresas y reconocimiento de las potencialidades que posee el mismo, tanto para el desarrollo personal de un profesional del sector de la construcción de estos tiempos, como para la empresa y su necesidad de estar a la altura de los nuevos estándares internacionales.
  - La encuesta realizada demuestra la falta de capacitación profesional en el tema, a pesar de que las empresas ya han dado los primeros pasos en este sentido todavía no es suficiente para echar a andar el modelo.
  - Existe una conciencia generalizada de la necesidad de implementación del modelo por los altos dirigentes de las empresas.
  - Es necesaria la realización de un pequeño proyecto piloto que nos dé una idea de las ventajas y lo que faltaría para una completa y correcta implementación en la empresa IDEAR.

---

## **CAPÍTULO 3. Aplicación a un caso real: “Panadería Dulcería”**

Con la exposición del proyecto Panadería Dulcería mostramos algunas de las ventajas que nos permite el REVIT al poseer un modelo virtual en 3D del cual podemos obtener diferentes tipos de información ahorrando tiempo y permitiéndonos tener una visión del desarrollo del proyecto en sus diferentes fases. Se muestra la tan necesaria vinculación entre softwares, en este caso entre el REVIT, el STAAD. Pro y el Excel creando un flujo de trabajo con los mismos para la obtención de costos y planificación del tiempo del proyecto; haciendo énfasis solamente en las ventajas y facilidades que nos brinda el REVIT ya que todavía en la empresa no se ha podido montar la infraestructura necesaria para lograr la tan deseada interoperabilidad entre los softwares.

### **3.1 Descripción del proyecto de construcción “Panadería Dulcería”**

Para la realización de un caso práctico donde puedan ponerse en práctica ciertos de los puntos explicados con anterioridad, tanto del modelado de proyectos como el uso de herramientas y software BIM para extraer información y llevar a cabo parte del control del proyecto, se ha escogido el proyecto Panadería Dulcería.

El proyecto se trata de un edificio situado en la Ave. 56 e/ 37 y 39 No. 3706, consejo popular Centro Histórico, Cienfuegos; perteneciente a la entidad Empresa Cubana del Pan, MINAL, según informe de microlocalización aprobada con código: 27.07.110.0118.2.189.17.



Figura 3.1. Microlocalización del proyecto "Panadería Dulcería" Fuente : Google Map

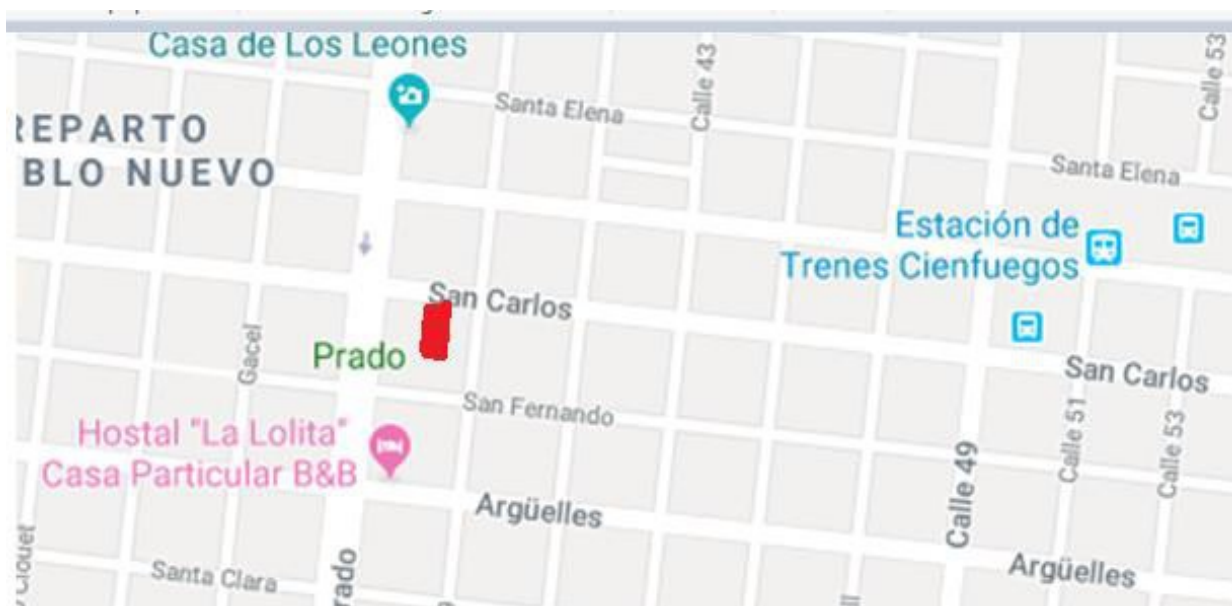


Figura 3.2. Microlocalización del proyecto "Panadería Dulcería" Fuente: Google Map

---

## Desarrollo del Trabajo

Este proyecto contempla los trabajos de apuntalamiento, demolición, cimentación y estructura, referidos a la construcción de una estructura para la panadería-dulcería.



Figura 3.3 *Fachada actual de la edificación. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería “Empresa IDEAR de Cienfuegos.*

### Selección de la solución

La solución debe estar encaminada a recuperar esa área del centro en la ciudad de Cienfuegos, en la selección de la misma se tuvieron en cuenta los criterios emitidos en el diagnóstico realizado, los cuales son:

- Demoler las cubiertas existentes (teja criolla, losa H.A) así como los elementos que las soportan.
- Demoler los muros interiores, con previo apuntalamiento en el muro central debido a su altura.



- 
- Realizar apuntalamiento de la fachada para evitar que el muro se abra.



*Figura 3.4 Interior actual de la edificación, Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería “Empresa IDEAR de Cienfuegos.*

#### Ejecución de la solución

Una vez tomadas las medidas emergentes, los trabajos se deben ejecutar según los planos ejecutivos elaborados al respecto en el siguiente orden:

1. Apuntalamientos en fachada y muro de albañilería central.

En el plano E-01 se dan las indicaciones para los trabajos de apuntalamiento según la norma vigente y las regulaciones técnicas de la construcción, RC-3518 y RC-3517, las cuales son válidas cuando se usan puntales de madera. En caso de usar alguna tecnología específica de puntales metálicos, se debe consultar el manual técnico correspondiente.

2. Demolición de muros, según se indica en el plano del edificio, garantizando el arriostre de los muros exteriores (apuntalamiento en fachada).

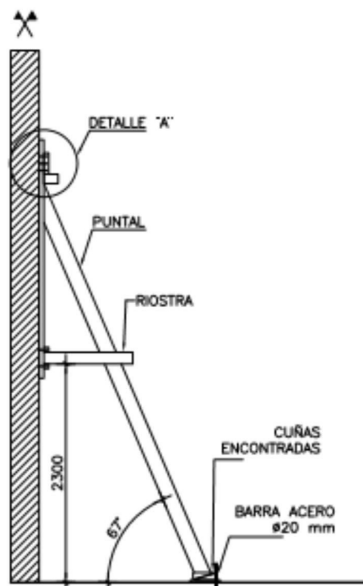


Figura 3.5 Apuntalamiento de la fachada. Fuente: Proyecto "Panadería Dulcería "Empresa IDEAR de Cienfuegos.

3. Demolición o desmontaje de cubiertas existentes, evitando el impacto de los escombros, para ello se debe utilizar un banco para la recogida de escombros o elementos desmontados. Se debe hacer selección de los elementos en buen estado para su uso posterior (tejas de barro, perfiles metálicos, etc.).

### Subestructura

Se construirá una cimentación corrida para los muros y cimientos aislados para columnas de hormigón armado in situ. La cimentación fue diseñada a base de una viga corrida de hormigón ciclópeo y viga zapata rectangular también corrida. La resistencia del suelo tomada fue de  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$  a una profundidad de 800 mm del nivel de piso terminado, tomado de la especialidad de arquitectura. Esta cimentación solo es válida si la misma es enfundada sobre suelo con una resistencia mayor o igual a la considerada. Se hace necesario traer material de mejoramiento para salvar el desnivel, señalando que el local de venta estará 25 cm por debajo del N.P.T dado por arquitectura, el cual está referido al nivel dado por topografía el cual es de +8.60 mts.

---

## **Estructura**

La estructura está constituida por muros de mampostería de carga con espesor de 150 mm, columnas rectangulares y vigas rectangulares de hormigón armado. Todos los muros de albañilería llevarán un cerramiento en su coronación con las dimensiones señaladas en el plano, y dinteles en el caso de los vanos de carpintería para los muros de cierre en el segundo nivel. Se hará una losa de hormigón armado para las cubiertas del primer nivel y segundo nivel con espesor 120 mm, y en el área de producción la cubierta será de panel sandwich. La calidad del hormigón a emplear para elementos estructurales será de una resistencia a la compresión de 25 MPa, garantizando así la durabilidad ante los ataques atmosféricos y la resistencia ante las cargas actuantes. El desencofrado de las losas de hormigón armado no se hará hasta pasado 28 días, para así garantizar que el hormigón alcance su resistencia a la compresión. Para darle apoyo a los paneles sándwich y lograr una adecuada junta longitudinal entre los mismos, se pondrán purling de sección canal europeo (UPN 120), las vigas metálicas IPE-300 sirven de apoyo a los purling y las columnas en el área de producción darán apoyo a dichas vigas. Las uniones serán soldadas y atornilladas según se representa en los planos, todos los elementos metálicos llevarán limpieza con samblasting y protección anticorrosiva a base de dos manos de pintura anticorrosiva de 100-125 micras y pintura de esmalte de terminación de 70-75 micras, los colores serán propuestos en el proyecto de la especialidad de arquitectura.

### **3.2 Creación del modelo BIM**

El modelo fue confeccionado completamente en REVIT manteniendo la fachada del edificio por estar en el consejo popular Centro Histórico de Cienfuegos. Con el mismo se quiere mostrar ciertos de los puntos expresados en capítulos anteriores tanto del modelado del proyecto como el uso de herramientas y softwares BIM para extraer información y llevar a cabo parte del control del proyecto llegando hasta las dimensiones 4D y 5D.



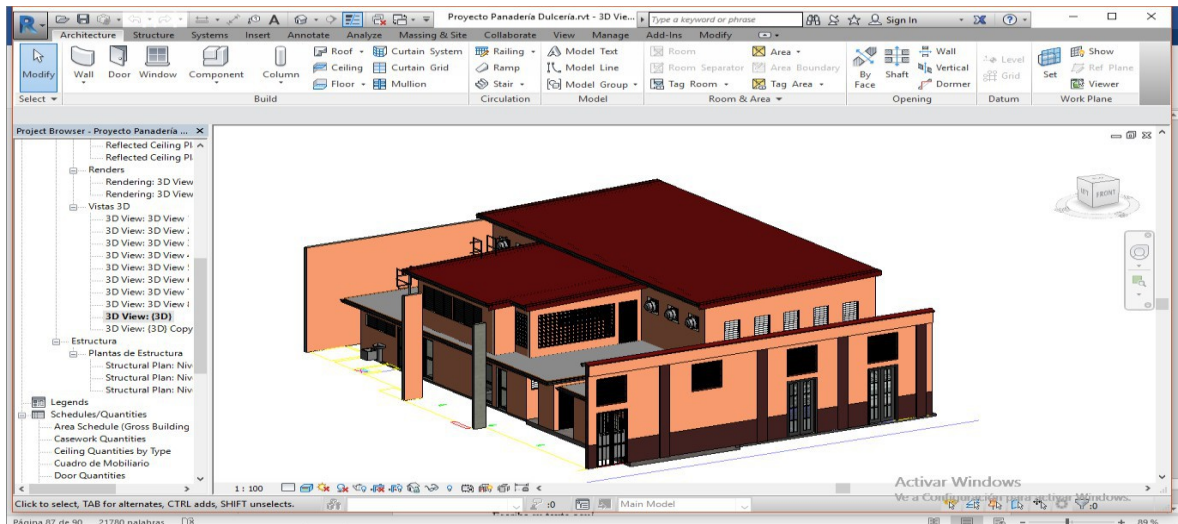


Figura 3.6 Modelo 3D realizado en REVIT. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería” Empresa IDEAR de Cienfuegos.

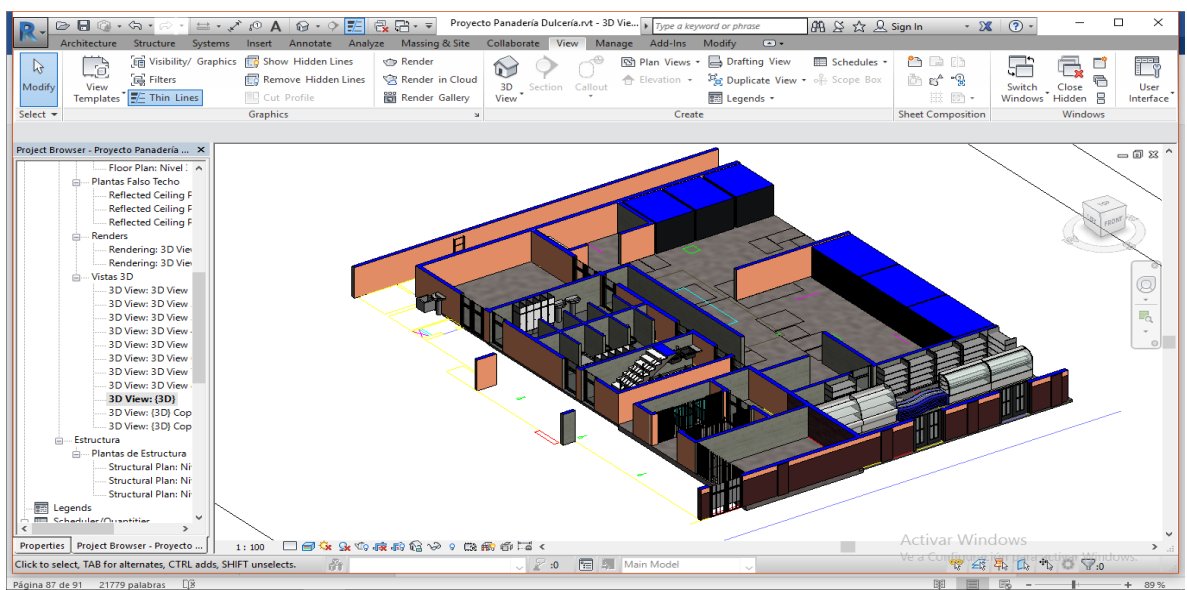


Figura 3.7 Vista en 3D de la primera planta. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería” Empresa IDEAR de Cienfuegos.

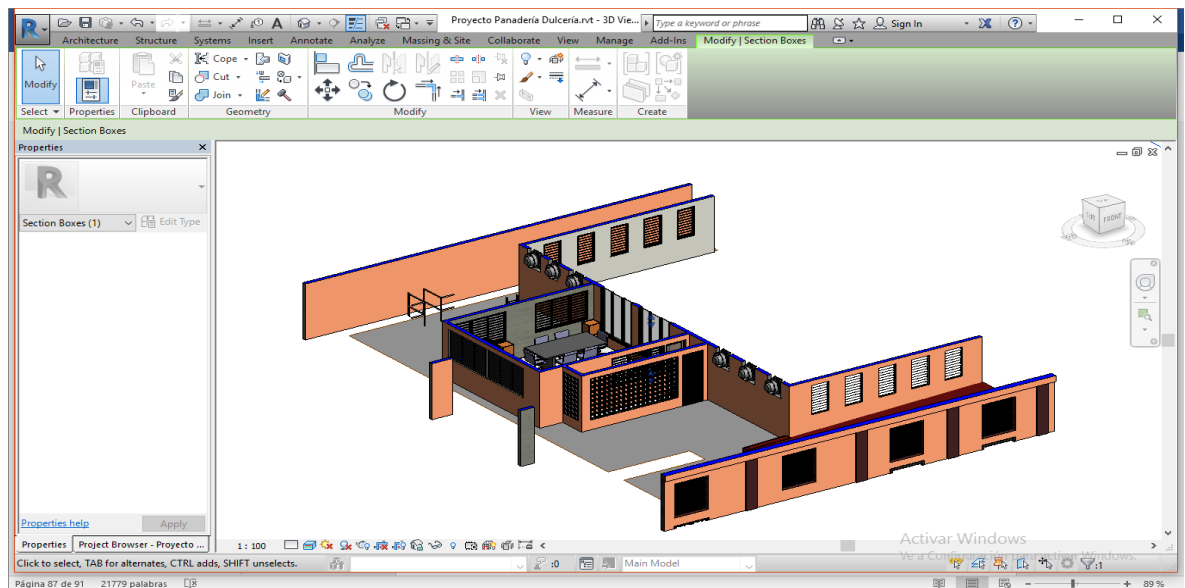


Figura 3.8 Vista 3D de la segunda planta. Fuente: *Proyecto “Panadería Dulcería” Empresa IDEAR de Cienfuegos.*

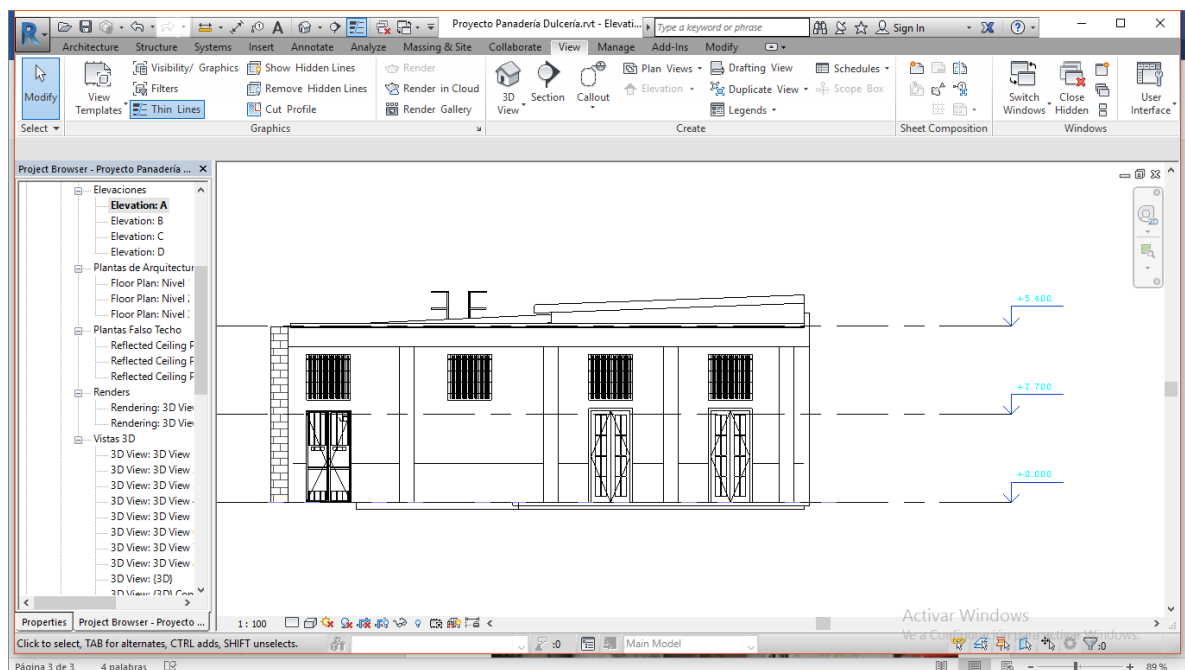


Figura 3.9 Vista de los niveles de la parte frontal del edificio. Fuente: *Proyecto “Panadería Dulcería” Empresa IDEAR de Cienfuegos.*

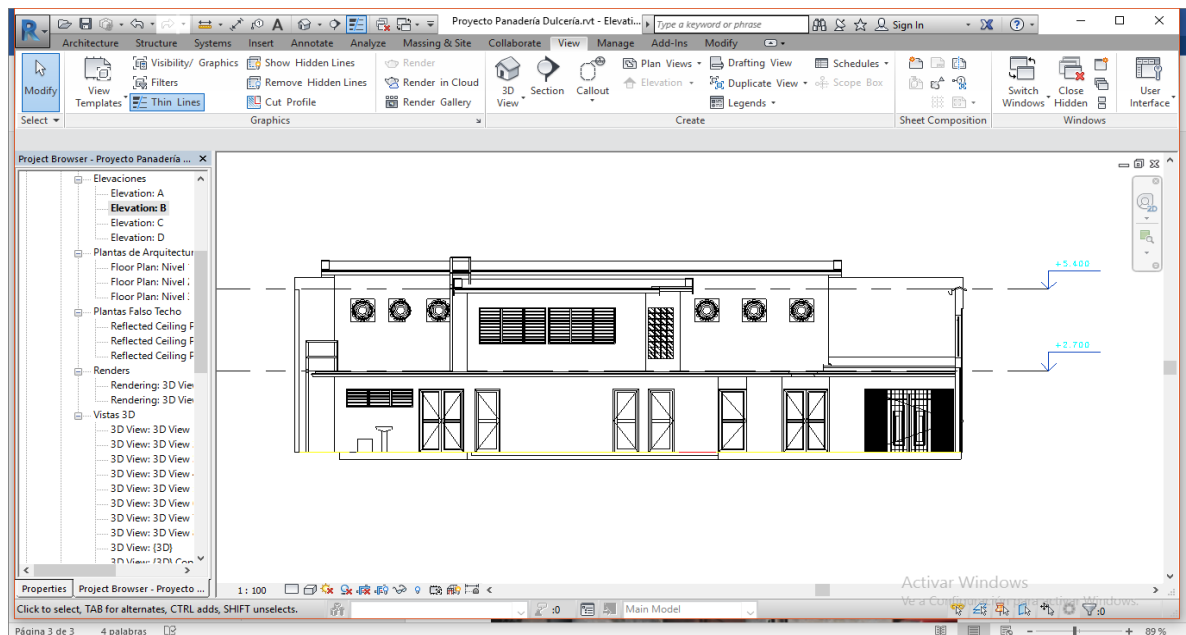


Figura 3.10. Vista de los niveles de la parte lateral del edificio. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería “*Empresa IDEAR de Cienfuegos*.

### 3.2.1 Vinculación del REVIT con el STAAD. Pro

Teniendo el modelo 3D elaborado en REVIT utilizamos los datos estructurales del mismo y lo introducimos en el STAAD Pro para realizarle el análisis estructural.

El análisis estructural se fue realizando por partes:

- Escaleras
- Metálica
- Paño de losa 1
- Paño de losa 2
- Paño de losa 3
- Paño de losa 4
- Vigas-dinteles-cerramientos
- Vigas de hormigón armado
- Voladizo

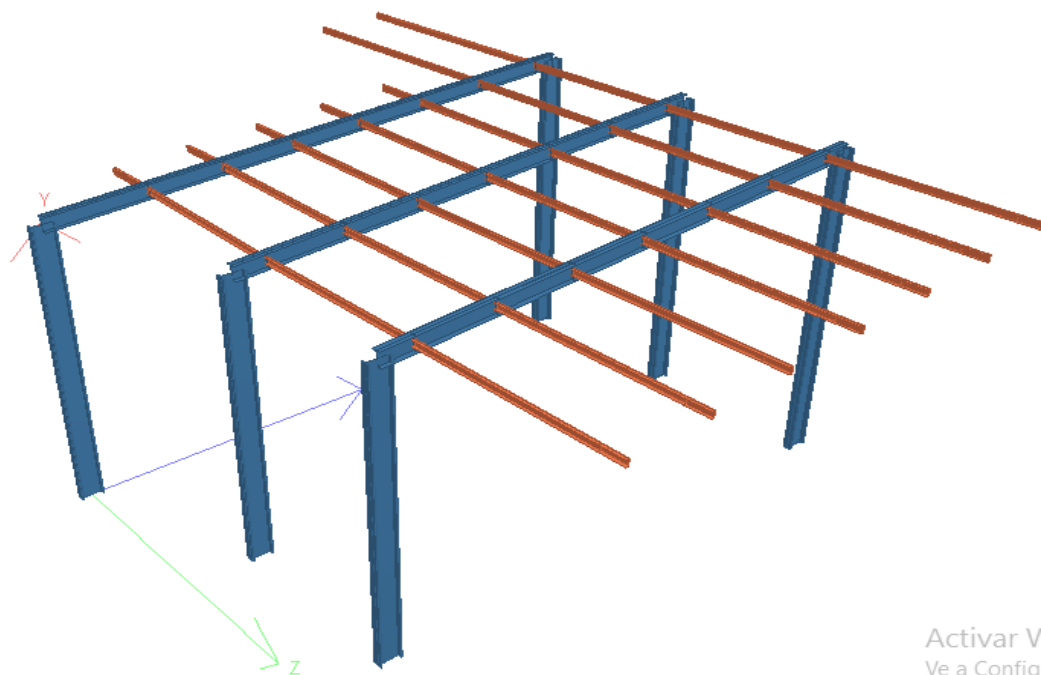


Figura 3.11 Vista de la estructura metálica en 3D del software STAAD Pro. Fuente: Proyecto  
"Panadería Dulcería "Empresa IDEAR de Cienfuegos

Fue necesario apoyarse en hojas de cálculo realizadas en EXCEL para introducir correctamente algunos datos y mostrar de una forma más específica los resultados obtenidos en el programa.

	VALORES	UNIDADES
Paredes bloques 0,15 m de espesor=	2,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga Uso=	0,80	kN/m <sup>2</sup>
enrajonado (relleno de mejoramiento e=8 cm)=	0,18	kN/m <sup>2</sup> /cm
2 capas de papel asfáltica=	0,05	kN/m <sup>2</sup>
Mortero asiento Cemento Portland (e=25 mm)=	20,00	kN/m <sup>2</sup>
Ancho tributario(m)=	0,45	
$g_{k,apn}$ (kN/m <sup>2</sup> )=	24	
Area seccion(m <sup>2</sup> )=	0,03	
espesor losa H.A(m)=	0,12	
espesor material(cm)=	8,00	
espesor material(m)=	0,025	
Cargas Permanentes en viga:	$q_1$ (kN/m)=	0,65
	$q_2$ (kN/m)=	0,23
	$q_3$ (kN/m)=	0,02
	$q_4$ (kN/m)=	1,30
	$q_5$ (kN/m)=	0,72
	$q_{total}$ (kN/m)=	2,91
Carga de Uso en viga=	$q_6$ (kN/m)=	0,36

Figura 3.12 Hoja de cálculo para obtener las cargas. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería”  
“Empresa IDEAR de Cienfuegos

Geometría sección		Sistema de entepiso o azotea que soportan o están ligados a elementos no estructurales	
$h$ (cm)=	12	Luz (cm)=	275
$b$ (cm)=	100	no susceptibles de ser dañados por flechas excesivas	
Datos adicionales		$\Delta_{permisible}$ (cm)=	1,15
$A's$ (cm <sup>2</sup> )=	0,00		
$ds$ (cm)=	4,27		
$d$ (cm)=	7,73		
Calculos			
$\Delta_{ptld}$ (cm)=	0,11		
$\Delta_{pt}$ (cm)=	0,12		
$\Delta_{te}$ (cm)=	0,01		
Flecha Total			
$x$ =	2,00	5 años o mas	
$r$ =	0,00		
$l$ =	2,00		
$\Delta_{total}$ (cm)=	0,23		

Figura 3.13 Hoja de cálculo para desplazamientos. Fuente: Proyecto “Panadería Dulcería”  
“Empresa IDEAR de Cienfuegos

---

Una vez realizado el análisis estructural del modelo nos aseguramos que los parámetros estructurales en el modelo virtual 3D realizado en REVIT cumpla con los resultados obtenidos. De no cumplir alguno se realiza el cambio directamente en el modelo 3D, Obteniendo así nuestro modelo final.

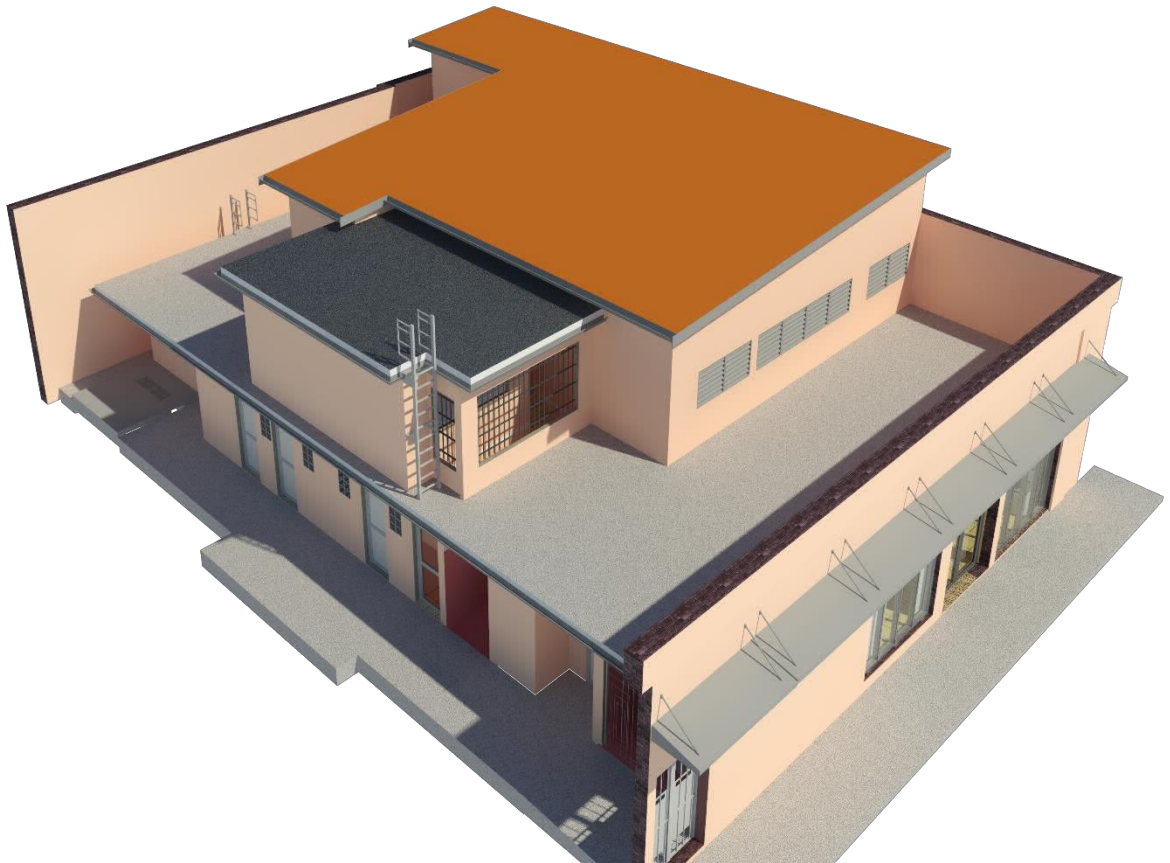


Figura 3.14 Modelo final en 3D. Fuente: *Proyecto “Panadería Dulcería “Empresa IDEAR de Cienfuegos*

### **3.2.2 Medicion de Tiempo y Costo(4D y 5D)**

Unas de las facilidades que REVIT nos permite, es poder obtener la cantidad de materiales y elementos a utilizar en el proyecto sin la necesidad de realizar esta medición elemento por elemento ahorrándonos tiempos en este sentido.

Schedule: lista de materiales - Proyecto Panadería Dulcerí...

<lista de materiales>			
A	B	C	D
Material: Area	Material: Volume	Material: Name	Type
0002 Computer Table Back Metal Frame			
1.02 m²	0.00 m³	0002 Computer Ta	CONJUNTO MESA
0002 Computer Table Glass			
1.10 m²	0.01 m³	0002 Computer Ta	CONJUNTO MESA
0002 Computer Table Metal Frame			
0.50 m²	0.00 m³	0002 Computer Ta	CONJUNTO MESA
0002 Computer Table Plastic Frame			
1.83 m²	0.01 m³	0002 Computer Ta	CONJUNTO MESA
0002 Computer Table Rubber Frame			
0.33 m²	0.00 m³	0002 Computer Ta	CONJUNTO MESA
Amarillito			
7.74 m²	0.00 m³	Amarillito	Cubierta planchas
1.84 m²	0.00 m³	Amarillito	Losa de hormigón
479.39 m²	0.00 m³	Amarillito	MURO 150
205.81 m²	0.00 m³	Amarillito	MURO DE 180MM
23.73 m²	0.00 m³	Amarillito	MURO DE 180MM 2
Azulejo			
4.99 m²	0.10 m³	Azulejo	Mesta recta 2400
10.18 m²	0.00 m³	Azulejo	MURO DE 180MM
Baldosa			
7.82 m²	0.10 m³	Baldosa	Monolithic Stair
1.21 m²	0.04 m³	Baldosa	Piso de Baldosass
31.29 m²	0.94 m³	Baldosa	Piso de Baldosass
Brick, Common			
248.31 m²	44.69 m³	Brick, Common	MURO DE 180MM
9.90 m²	2.58 m³	Brick, Common	MURO DE 180MM 2

Figura 3.15 Listado de materiales. Fuente: elaboración propia

En este listado de materiales que obtuvimos, REVIT nos muestra: área, volumen, nombre y tipo de todos los materiales utilizados en el modelo. Este es nuestro punto de partida para calcular el costo del proyecto.

Introducimos estos valores en hojas de Excel ya elaboradas para el cálculo del costo del proyecto las cuales poseen los precios actualizados del PRECONS y le son incluidos otros aspectos como son: mano de obra utilizada, equipos utilizados y otros gastos directos.



<b>Ficha de Presupuesto.</b>		
1	Gastos Directo de Materiales	\$77.472,42
2	Gastos Directo de Mano de Obra	\$32.272,18
3	Gastos Directo de Equipos	\$3.761,23
	Total de Costos Directos	\$113.505,83
4	Otros Gastos Directos de Obra(12.5%(1+2+3))	\$14.188,23
5	Gastos Generales de Obra(5)=10.0%(1)	\$7.747,24
6	TOTAL GASTOS DIRECTOS DE PRODUCCION(1+2+3-4-5)	\$135.441,30
7	Gastos Indirectos de Obra(7)=12.4%(6)	\$16.794,72
8	TOTAL DE GASTOS INDIRECTOS DE PRODUCCION(8)	\$16.794,72
9	Presupuestos Independientes(9)	\$0,00
10	SUBTOTAL DE GASTOS(6+8+9)	\$152.236,02
11	COSTO TOTAL(6+8+9)	\$152.236,02
12	UTILIDAD 20%(11-1)	\$14.952,72
13	Precio del Servicio de Construcción(11+12)	\$167.188,74
14	Presupuesto de Equipos(ver anexo)	\$0,00
	<b>Total precio Construcción(13+14)</b>	<b>\$167.188,74</b>

Figura 3.16 Hoja de Cálculo del presupuesto final del proyecto. Fuente: Proyecto "Panadería Dulcería "Empresa IDEAR de Cienfuegos.

Otra de las ventajas que nos brinda el REVIT es que si en un momento determinado es necesario realizar un cambio en las características geométricas del modelo este listado de materiales es actualizado automáticamente sin la necesidad de realizar nuevamente el cálculo de los materiales.

Para calcular el tiempo de la obra (4D) partimos de una hoja de EXCEL a la cual se le introdujo los datos necesarios para la obtención del tiempo exacto de la obra (cantidad de materiales, equipos y sus rendimientos correspondientes, etc) y luego, a partir del tiempo obtenido, separamos el proyecto por fases en REVIT permitiendo ver el desarrollo del proyecto en diferentes periodos de tiempo.



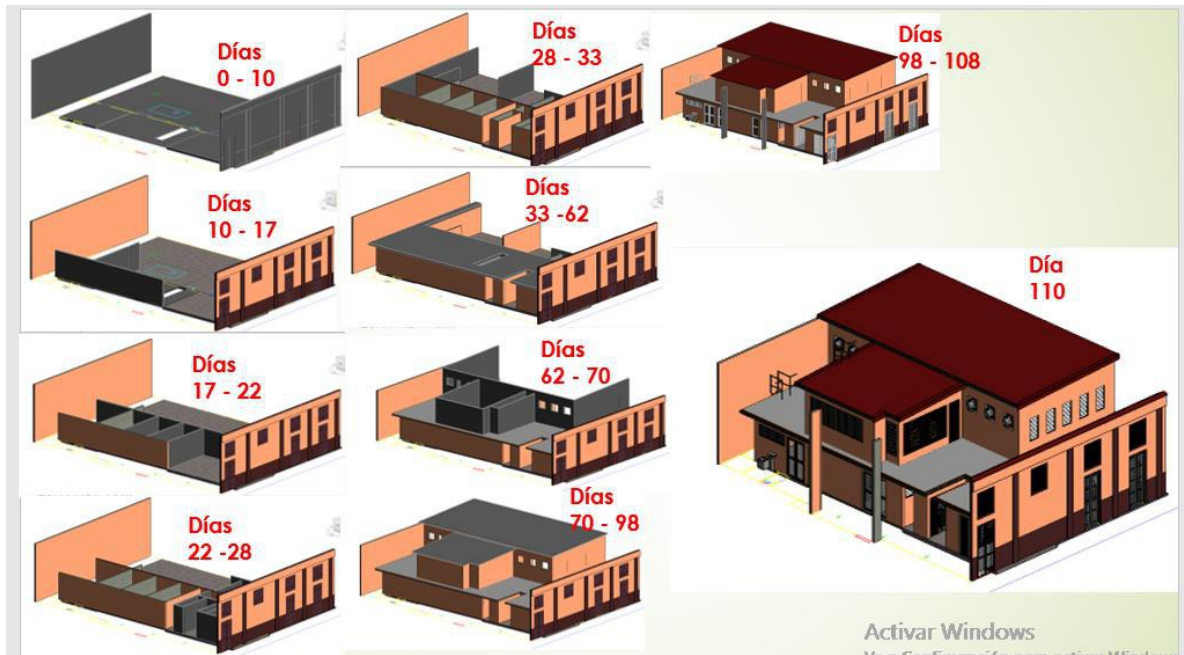


Figura 3.16 Fases del proyecto expuestas en REVIT. Fuente: elaboración propia

Con esto le podemos dar un mejor seguimiento a la construcción de la obra, permitiéndonos cumplir más eficientemente los cronogramas y tener una visión espacial de cómo debe ir quedando el proyecto.

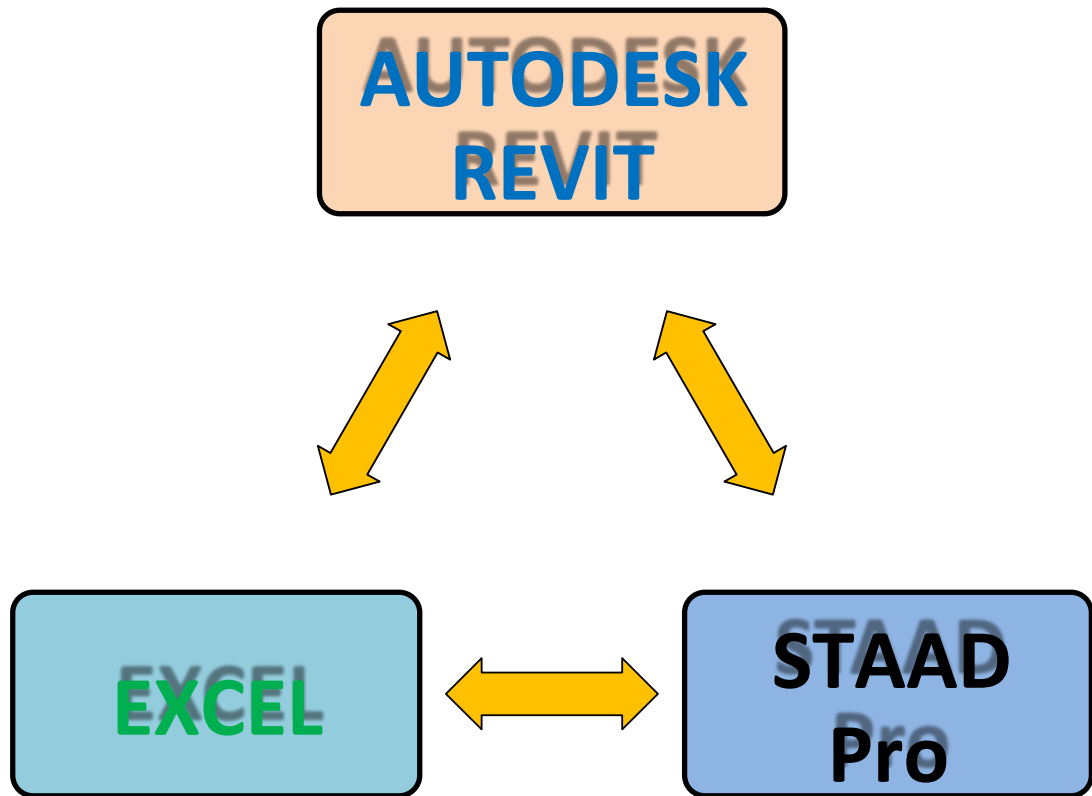
### 3.3 Flujo de Trabajo

Con todo lo anterior expuesto podemos entender la metodología o flujo de trabajo que se está realizando en IDEAR con proyecciones futuras al BIM, aunque todavía es necesaria una vinculación entre las demás especialidades ya que este flujo de trabajo está confeccionado para las especialidades de Arquitectura e Ingeniería Civil y solamente está enmarcado en este pequeño proyecto de “Panadería Dulcería”.

En este flujo de trabajo se utilizaron los softwares AUTODESK REVIT, STAAD Pro y EXCEL de una forma muy particular.

- Realización del modelo virtual 3D en REVIT.
- Utilizar los datos del modelo Virtual 3D para realizar el análisis estructural de la edificación con el software STAAD Pro.
- Creación del Modelo final 3D a partir de los resultados del análisis estructural.

- 
- Cálculo de la cantidad de materiales necesarios a partir del modelo 3D en REVIT.
  - Cálculo del costo total del proyecto en una hoja de EXCEL (5D).
  - Cálculo del tiempo de la obra en una hoja de EXCEL
  - Creación de las distintas fases de construcción en REVIT (4D)



La continuidad en el perfeccionamiento de este flujo de trabajo y la introducción de nuevos softwares y formas de hacer, será esencial para desarrollar un BIM verdaderamente eficiente en la empresa, es necesario continuar trabajando sobre la base de crear un contenedor único y garantizar la interoperabilidad entre profesionales.

Este flujo no se debe establecer como única forma de trabajo, hay que seguir buscando la manera de perfeccionarlo, aunque esto signifique el cambio de algunos softwares.

---

En la medida que entendamos que el BIM tiene tantas formas de implementarlo como problemas a solucionar, nos daremos cuenta que solamente con el estudio y capacitación en el tema y mucha práctica lograremos implementarlo eficientemente.

### **3.3 Conclusiones Parciales del Capítulo 3**

- Se desarrolla el proyecto “Panadería Dulcería” con la vinculación de los softwares AUTODESK REVIT, STAAD Pro y EXCEL.
- Se crea un modelo BIM en REVIT el cual nos permite tener un modelo virtual 3D sobre el cual podemos trabajar y obtener información muy necesaria del proyecto, como la cantidad de materiales a utilizar y la conformación de fases constructivas.
- Es necesario continuar el trabajo en la conformación de un flujo de trabajo que vincule otras especialidades.
- Es necesario continuar el trabajo en la capacitación de los profesionales y trabajar en la inclusión de nuevos softwares en la empresa para diversificar el flujo de trabajo de la misma.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- 1 El BIM como modelo de gestión y diseño de proyectos en la construcción nos permite la conformación de un modelo en 3D vivo el cual, por sus características paramétricas y las ventajas que el software AUTODESK REVIT nos brinda, le da al proyecto un enfoque mucho más cercano e interactivo con la edificación a construir. Al poseer un modelo casi idéntico que el real, minimizamos riesgos y salvamos muchos de los problemas que se pueden presentar a la hora de construir en la etapa de diseño. Permite una mayor relación entre las especialidades y fomenta el trabajo en equipo el cual es crucial para un correcto funcionamiento del mismo, también nos permite utilizar las potencialidades de otros softwares BIM por la interoperabilidad que nos brinda el formato IFC logrando un modelo mucho mejor elaborado y a la altura de las expectativas de los clientes.
- 2 El BIM como modelo de gestión está ampliamente difundido a nivel mundial muchos países europeos, asiáticos y de América del Norte han reconocido sus potencialidades en este sector y han legislado su uso obligatorio en proyectos públicos. La exigencia creciente de los clientes hacia la utilización del modelo ha logrado que la mayoría de las empresas se planteen seriamente su implementación para mantenerse en la competencia.
- 3 En Cuba, se ha aceptado el modelo y se han reconocido sus potencialidades, empresas como AICROS y GEDIC en la Habana y La EMPAI en Matanzas, han introducido el modelo en el territorio brindando capacitación a profesionales de diferentes empresas del país a partir de sus

- experiencias con sucursales extranjeras que están trabajando en el país como es BOUYGUES BATIMENT INTERNATIONAL.
- 4 En Cienfuegos, a partir de estas capacitaciones, varios profesionales han introducido en sus correspondientes empresas el modelo, logrando que sea aceptado por las ventajas que brinda, pero todavía es insuficiente el personal capacitado para su implementación. El plan de implementación desarrollado para la empresa IDEAR en Cienfuegos permitirá crear una base para la adopción del modelo no solo en IDEAR sino también en otras empresas del territorio.
  - 5 El proyecto de la “Panadería Dulcería” demostró las facilidades que nos brindó el REVIT para la obtención de costos y tiempos, además de permitirnos la conformación de un flujo de trabajo abierto entre otros softwares como el STAAD. PRO y el EXCEL adaptando las potencialidades de estos programas a la realidad cubana.
  - 6 Todo estudiante de ingeniería o arquitectura que quiera convertirse en un profesional de su tiempo y estar a la altura de la responsabilidad que posee el sector de la construcción en nuestro país, tiene que capacitarse en el BIM. Su inclusión en el plan de estudio de las universidades del país tiene que ir realizándose de forma paulatina, pero con rapidez. Es necesario ampliar el mercado de las empresas cubanas no solo nacional sino también internacionalmente, entrar en la competencia, lo cual permitirá el desarrollo y el aumento de la eficiencia de la construcción en Cuba, disponemos de los profesionales, solo queda una buena capacitación y un cambio de enfoque.

### **Recomendaciones**

Las empresas deben invertir más en la capacitación profesional y crear pequeños grupos independientes que trabajen proyectos aislados con el modelo BIM y, partiendo de sus experiencias, ir introduciendo poco a poco al resto de la empresa en el proceso; de esta manera no tendrá que detener la forma de trabajo tradicional de la empresa y a su vez se desarrolla la misma.

Para vincular el BIM a las universidades del país, especialmente en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, es necesario vincular en los proyectos integradores de curso la utilización de softwares BIM, fomentar la interoperabilidad de los mismos para realizar los proyectos y crear los equipos de forma tal que se esté trabajando en un grupo BIM con sus roles correspondientes.

Continuar la investigación acerca del tema mediante trabajos científicos, forum estudiantiles y vinculación con empresas del territorio, realizando prácticas laborales en las mismas y trabajos en conjunto.

### Bibliografía

- Albornoz, D. (2018). Por qué cambiar de CAD a BIM. <https://www.deustoformacion.com/blog/bim-autocad-revit/por-que-cambiar-cad-bim>.
- Alzate, M. F. S. (2017). Impacto económico del uso del BIM en el desarrollo de los proyectos de construcción en la ciudad de Manizales. Universidad Nacional de Colombia.
- Arman M. Koucha, K. I. y. S. P. (2018). Key Factors of an Initial BIM Implementation Framework for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)
- AUTODESK. (2016). ¿Que es BIM? <https://forums.autodesk.com/t5/revit-bim-espanol/que-es-bim/td-p/5629108>.
- BibLus. (2015). BIM en Europa: la política pública en Alemania y proyectos piloto de autopistas y ferrocarriles. <http://biblus.accasoftware.com/es/bim-en-europa-politica-publica-en-alemania-proyectos-piloto-autopistas-ferrocarriles/>.
- BibLus. (2016). Niveles de desarrollo BIM en el Reino Unido: se acerca la meta del 3º nivel para el 2020. <http://biblus.accasoftware.com/es/niveles-de-desarrollo-bim-en-el-reino-unido-se-acerca-la-meta-del-3o-nivel-para-el-2020/>.
- Brugarolas, S. A. (2016). Implementación de la Metodología BIM en el Project Management. Escola de Camins, Barcelona.
- BuildingSMART. (2016). ¿Qué es BIM? <https://www.buildingsmart.es/bim/>.
- buildingSMART. (2018). Launching the Russian chapter. <https://www.buildingsmart.org/buildingsmart-russia/>.
- Coates, Y. A. y. P. (2013). Operational Knowledge for BIM Adoption and Implementation for Lean Efficiency Gains.
- Cuartero, J. A. (2018). Las 7 dimensiones del BIM, la metodología que cambiará la construcción en América Latina. <https://www.lanacion.com.py/foco/2018/02/27/las-7-dimensiones-del-bim-la-metodologia-que-cambiara-la-construccion-en-america-latina/>.
- CUPASTONE. (2018). Current state of BIM in the major countries of the world. <https://cupastone.com/bim-countries-world>.

Chacón, D. y. C., Génesis. (2017). IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA ELABORAR PROYECTOS MEDIANTE EL SOFTWARE REVIT. REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

EDITECA. (2018). El BIM en Latinoamerica. <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica>.

Enlacearquitectura. (2016). El futura del BIM en Mexico. <https://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/>.

Estandarización, G. T. d. T. d. (2017). Guia Inicial para Implementar BIM en las Organizaciones. In C. C. d. Construcción (Ed.).

Gámez, F. C. (2017). Definición de Roles en Procesos BIM. In es.BIM (Ed.).

Monzón, L. A. A. (2017). [Implementación de tecnología BIM en IDEAR, Cienfuegos. Experiencia con Revit].

Ortega, A. S. (2019). Requisitos del sistema y recomendaciones para Revit 2019. <https://www.espaciobim.com/requisitos-sistema-autodesk-revit/>.

Peters, C. (2018). BIM en Colombia. <https://www.construccionlatinoamericana.com/bim-en-colombia/>.

Picó, E. C. (2008). INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA BIMEloi

Pitarch, C. M. (2015). Impacto del BIM en la Gestión del Proyecto y la Obra de Arquitectura. Universidad Poliecnica de Valencia.

PlanBIM. (2017). BRASIL CUENTA CON DECRETO FEDERAL QUE IMPULSA LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM. <https://planbim.cl/brasil-cuenta-con-decreto-federal-que-impulsa-la-implementacion-de-bim/>.

Sato, J. G. (2018). Análisis y Evaluación de la Tecnología(BIM)Building Information Modeling. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad Politécnica de Madrid.

sciences, N. I. o. B. (2017). ¿Que es BIM? <https://www.nibs.org/>.

Summit, E. B. (2019). Países escandinavos. <https://europeanbimsummit.com/>.

ZIGURAT. (2018). Software para Building Information Modeling. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/que-software-bim-debo-utilizar/>.



## ANEXOS

### Anexos 1: ENCUESTA

#### ENCUESTA “ACERCAMIENTO A LAS TECNOLOGÍAS BIM”.

Como parte de las investigaciones sobre tecnologías BIM la Facultad de Construcciones de la UCLV desarrolla una investigación al respecto. A cargo del diplomante Vladimir Torres Rodes, 5<sup>to</sup> Año de la carrera de Ingeniería Civil y su tutor Dr. Ing. Civil, Juan Armando Velázquez Rangel se espera contar con su colaboración para garantizar el éxito de dicha labor.

#### 1. ~~DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO~~

Empresa: IDEAR. Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos.

Departamento: \_\_\_\_\_

Especialidad: Arquitecto\_\_\_\_ Ingeniero\_\_\_\_ Otra\_\_\_\_

Grado \_\_\_\_\_ Científico: \_\_\_\_\_ Doctor\_\_\_\_\_

Máster\_\_\_\_ Universitario\_\_\_\_ Técnico\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_

Cargo que Desempeña: Directivo\_\_\_\_ Proyectista\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_

Años de experiencia: \_\_\_\_\_

#### 2. ~~DATOS SOBRE CONOCIMIENTO DEL BIM~~

##### 2.1 ¿Conoce usted qué es el BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información para la construcción?)

SI \_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_

##### 2.2 ¿Tiene formación o información sobre el BIM?

SI\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_

##### 2.3 En caso de respuesta “SI”. ¿Cómo la adquirió?

Autodidacta\_\_\_\_ Mediante la Empresa (Cursos y similares)\_\_\_\_\_

Otra (especificar)\_\_\_\_\_

##### 2.4 ¿Cuáles de las siguientes herramientas BIM conoce?

Autodesk Revit\_\_\_\_ Bentley Architecture/AECOsim\_\_\_\_  
 GraphisoftArchicad\_\_\_\_ NemetschekAllplan\_\_\_\_ ACCA software  
 (Edificius)\_\_\_\_ CYPE\_\_\_\_ Tekla\_\_\_\_ Sketchup\_\_\_\_  
 Otro (especificar) \_\_\_\_\_

**2.5 ¿Cuáles son las herramientas BIM que más utiliza en su empresa a la hora de gestionar un proyecto/obra?**

Autodesk Revit\_\_\_\_ Bentley Architecture/AECOsim\_\_\_\_  
 GraphisoftArchicad\_\_\_\_ Nemetschek Allplan\_\_\_\_ ACCA software  
 (Edificius)\_\_\_\_ CYPE\_\_\_\_ Tekla\_\_\_\_ Sketchup\_\_\_\_  
 Otro(especificar) \_\_\_\_\_

**2.6 A Continuación se muestran diferentes herramientas BIM. En escala de 1-10, siendo 10 más importante, califique los softwares según las necesidades en cada etapa del proyecto que se relaciona.**

Diseño y Modelación 3D	Análisis Estructural	Organización de obras (Costo, tiempo)
____ Autodesk Revit ____ Bentley Architecture/AECOsim ____ GraphisoftArchicad ____ NemetschekAllplan ____ ACCA software (Edificius) ____ CYPE ____ Otro(especificar)	____ Autodesk Revit ____ Bentley Architecture/AECOsim ____ ETABS ____ SAP 2000 ____ NemetschekAllplan ____ ACCA software (Edificius) ____ CYPE ____ Tekla ____ Otro(especificar)	____ Autodesk Revit ____ Bentley Architecture/AECOsim ____ GraphisoftArchicad ____ CYPE ____ Tekla ____ Primavera ____ Synchro ____ Otro(especificar)

**2.7 En su opinión. ¿Qué nivel de conocimiento considera usted que posee sobre el BIM, siendo 10 la máxima expresión de conocimiento?**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**2.8 ¿Cuál sería la principal motivación para usted usar las herramientas y tecnologías BIM en su labor. (marque solo una)**

Desarrollo personal y profesional \_\_\_\_\_ Requerimientos de la empresa \_\_\_\_\_

Otros (especificar) \_\_\_\_\_

**2.9 Según su conocimiento: ¿Qué nivel de implantación del BIM cree existe en su empresa? Considere 10 como el máximo nivel de implantación.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**2.10 ¿En qué fase de los trabajos usted utiliza el BIM o alguna de sus herramientas?**

Todas sus fases \_\_\_\_\_ Ideas conceptuales \_\_\_\_\_ Proyecto ejecutivo \_\_\_\_\_ As Built \_\_\_\_\_

Presupuesto \_\_\_\_\_ Análisis ingenieros \_\_\_\_\_ Programación de obra \_\_\_\_\_

Otros (especificar) \_\_\_\_\_

**2.11 ¿Cómo considera el aporte de esta tecnología y sus herramientas en términos de:**

- Tiempo: \_\_\_\_\_
- Costo: \_\_\_\_\_
- Calidad \_\_\_\_\_
- Detección de vulnerabilidades en etapas tempranas del proyecto: \_\_\_\_\_
- Facilidad en la forma de trabajo: \_\_\_\_\_
- Corrección de errores: \_\_\_\_\_
- Novedades que incluye \_\_\_\_\_

**\*\*Califique según escala del 1-10 siendo 10 el máximo nivel de aporte.**

**2.15 Según su criterio, que nivel de satisfacción le proporciona el empleo del BIM y sus herramientas a los clientes. Considere 10 como máximo nivel de satisfacción.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**2.16 En caso de que NO utilizar el BIM o alguna de sus herramientas, no lo haces porque:**

La empresa no lo exige\_\_\_\_

No tengo formación sobre el BIM\_\_\_\_

No lo considero necesario en mi trabajo\_\_\_\_

Nuestros clientes no lo exigen\_\_\_\_

Requiere mucha inversión\_\_\_\_

No hay planes de formación a niveles superiores\_\_\_\_

Otro (especificar)\_\_\_\_\_

**2.17 Del 1 al 10 siendo 1(Poca) ¿Cómo clasificarías tu resistencia al cambio del sistema CAD al BIM, considerando que es un sistema que incluye al menos un 40% de conocimiento básico del sistema CAD.**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**