

**“IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM, PARA LA CREACIÓN DE
PRESUPUESTOS EN LAS CONSTRUCTORAS”**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Felipe Eduardo Galaz Parra

Profesor Guía:
Marta Baeza Ulloa

Fecha:
Septiembre 2023
Santiago, Chile

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia, ya que, en este proceso, muchas veces tuve que dejar de lado disfrutar de la compañía de ellas, para volcarme a los estudios.

SOLO USO ACADÉMICO

AGREDECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitir llegar hasta aquí. También quiero agradecer a quienes más estuvieron conmigo en esta etapa de la vida. Agradezco a Angela Sampaio, por ser mi compañera de vida y apoyarme en este proceso, en la creación de ideas, ya que conversamos cada tema y siempre tuve excelentes comentarios, además de su apoyo en la coherencia de este proyecto.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

La metodología Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en un elemento fundamental en la industria de la construcción. La implementación de BIM en la generación de presupuestos ha revolucionado la forma en que las empresas constructoras gestionan sus proyectos. Este enfoque permite una mayor eficiencia, precisión y control en la estimación de costos, lo que se traduce en un aumento de la competitividad y la calidad en la ejecución de proyectos de construcción.

Uno de los aspectos más destacados de la implementación de BIM en la generación de presupuestos es la capacidad de crear modelos tridimensionales que representan todos los elementos de un proyecto. Estos modelos contienen información detallada sobre materiales, mano de obra, maquinaria y otros recursos necesarios para llevar a cabo la construcción. Esto permite a las empresas realizar estimaciones de costos más precisas, identificando y cuantificando cada componente del proyecto.

La interoperabilidad es otro beneficio crucial de BIM en la generación de presupuestos. Los diferentes actores involucrados en un proyecto, como arquitectos, ingenieros, contratistas y subcontratistas, pueden colaborar en un entorno BIM compartiendo y actualizando información en tiempo real. Esta colaboración facilita la detección temprana de conflictos o interferencias, lo que reduce costos y retrasos en la ejecución.

Además, la implementación de BIM en la generación de presupuestos permite una gestión más efectiva de los cambios en el proyecto. Cualquier modificación en el diseño se refleja automáticamente en los costos y la planificación, lo que garantiza una mayor transparencia y la capacidad de tomar decisiones informadas sobre ajustes presupuestarios.

Otro aspecto destacado es la posibilidad de realizar seguimientos y análisis de costos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. Esto incluye la fase de construcción, pero también la operación y mantenimiento posteriores. BIM permite evaluar la rentabilidad a lo largo del tiempo y optimizar los recursos a medida que se va desarrollando el proyecto. Sin embargo, es fundamental capacitar al personal en el uso de herramientas y software BIM y definir estándares internos para garantizar una implementación exitosa.

En conclusión, la implementación de BIM en la generación de presupuestos es una tendencia creciente en la industria de la construcción. Ofrece ventajas significativas en términos de precisión, colaboración, gestión de cambios y seguimiento de costos. Las empresas constructoras que adoptan BIM están mejor posicionadas para competir en un mercado cada vez más exigente y complejo. La inversión en esta tecnología promete un retorno en forma de proyectos más eficientes, rentables y exitosos.

Palabras Claves: Presupuesto, BIM, Eficiencia, Construcción, Proyecto.

SUMMARY

The Building Information Modeling (BIM) methodology has become a fundamental element in the construction industry. The implementation of BIM in budget generation has revolutionized how construction companies manage their projects. This approach allows for greater efficiency, accuracy, and control in cost estimation, resulting in increased competitiveness and project execution quality.

One of the key highlights of implementing BIM in budget generation is the ability to create three-dimensional models that represent all elements of a project. These models contain detailed information about materials, labor, machinery, and other resources required for construction. This enables companies to make more precise cost estimates by identifying and quantifying each component of the project.

Interoperability is another critical benefit of BIM in budget generation. Different stakeholders involved in a project, such as architects, engineers, contractors, and subcontractors, can collaborate in a BIM environment by sharing and updating information in real-time. This collaboration facilitates early detection of conflicts or interferences, reducing costs and project delays.

Furthermore, implementing BIM in budget generation enables more effective management of project changes. Any design modifications are automatically reflected in costs and scheduling, ensuring greater transparency and the ability to make informed decisions regarding budget adjustments.

Another notable aspect is the capability to track and analyze costs throughout the project's lifecycle, encompassing the construction phase, as well as post-construction operation and maintenance. BIM allows for assessing profitability over time and optimizing resources as the project evolves. However, it is crucial to provide personnel with proper training in using BIM tools and software and establish internal standards to ensure a successful implementation.

In conclusion, the adoption of BIM in budget generation is a growing trend in the construction industry. It offers significant advantages in terms of accuracy, collaboration, change management, and cost tracking. Construction companies that embrace BIM are better positioned to compete in an increasingly demanding and complex market. The investment in this technology promises a return in the form of more efficient, profitable, and successful projects.

Keywords: Budgeting, BIM, Efficiency, Construction, Project

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Alcance	3
1.3 Desafíos	4
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	5
2.1 Generalidades	5
2.2 metodología de presupuestos.....	6
2.3 Presupuestos, Costos de Edificación.....	7
2.3.1 Costos Directos	11
2.4 Gestión de presupuestos con AutoCAD (diseño como fuente de información)	12
2.5 Generar presupuestos basado en la metodología BIM.	13
2.6 Beneficios y desventaja de las metodologías usando AutoCAD y BIM.....	14
2.6.1 AutoCAD.....	14
2.6.2 BIM.....	15
2.7 Diferencias principales:	15
2.7.1 Resultado de las diferencias principales	16
2.8 Contraste.....	17
METODOLOGÍA	18
3.1 Introducción	18
3.2 Dimensiones del Universo BIM.....	19
3.3 Elaboración de proyecto, para determinar el potencial de BIM en los presupuestos	20
3.3.1 Elaboración de presupuesto usando Revit y Navisworks.....	20
3.3.2 Navisworks.....	22
3.3.3 Software para 5D, Costos y presupuestos.	27
3.4 Potencial que tiene la metodología BIM en los presupuestos de obra.....	27
3.5 Implementación de metodologia BIM para la creación de presupuestos en las constructoras.	28

3.5.1 Crea conciencia y compromiso en la alta dirección	28
3.5.2 La importancia de la capacitación:	29
3.5.3 Objetivos específicos	30
3.5.4 Adquisición de licencias BIM.....	31
3.5.5 Proyecto Piloto:	32
3.5.6 Integración de Costos:	32
RESULTADOS.....	33
4.1 Impacto de la Implementación de BIM en la Generación de Presupuestos ...	33
4.1.1 Mejora en la Precisión de los Presupuestos	33
4.1.2 Reducción de Errores y Omisiones.....	34
4.2 Integración de Flujos de Trabajo BIM y Generación de Presupuestos	34
4.2.1 Desarrollo de Estándares y Protocolos Internos	34
4.2.2 Capacitación y Desarrollo del Equipo.....	34
4.3. Herramientas y Software BIM Utilizados en la Generación de Presupuestos	34
4.3.1 Uso de Software Específico.....	34
4.3.2 Utilización de Clash Detection y Cuantificación Automatizada	34
4.4 Evaluación de la Eficiencia y el Impacto Económico.....	34
4.4.1 Ahorros en Costos de Proyectos Piloto.....	34
4.4.2 Reducción de Tiempos de Generación de Presupuestos	35
4.5 Desafíos y Lecciones Aprendidas	35
4.5.1 Desafíos Iniciales en la Adopción de BIM.....	35
4.5.2 Importancia de la Comunicación Interdisciplinaria.....	35
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Esquema General de Elaboración de un Presupuesto de Obra	8
Imagen 2 Presupuesto	9
Imagen 3 Metrado	9
Imagen 4 Metrado 2	10
Imagen 5 Metrado de Concreto Armado.....	10
Imagen 6 Curva S.....	11
Imagen 7 Flujo de Caja	12
Imagen 8 Control de Avance.....	12
Imagen 9 Tiempo / Ciclo de vida de un Edificio	18
Imagen 10 Modelo para elaborar presupuesto Revit / BIM.....	21
Imagen 11 Representación de 3D	21
Imagen 12 Importación de Revit a Navisworks.....	22
Imagen 13 Colisión de Especialidades.....	24
Imagen 14 Interferencia de Canaleta con Muro.....	24
Imagen 15 Cuantificación	25
Imagen 16 Presupuesto con Presto.....	28
Imagen 17 Organigrama con BIM	36
Imagen 18 Curva de Costos con BIM.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Contraste BIM vs AutoCAD.....	17
Tabla 2: Dimensiones del Universo BIM	19
Tabla 3: Planilla de Presupuesto Navisworks	26
Tabla 4: Presupuesto	26
Tabla 5: Softwares BIM 5D	27

SOLO USO ACADÉMICO

INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Los presupuestos de construcción, es el proceso fundamental en la gestión de los proyectos de edificación. El desempeño de los presupuestos pasa a ser más que una tarea administrativa, es un proceso esencial que abarca varios aspectos, como estimaciones detalladas de costos, recursos financieros para cada tarea del proyecto (Capeco, 2003).

“El ciclo de vida de los proyectos son una secuencia de etapas que principalmente son cinco: Inicio, planeamiento, ejecución, control y por fin cierre” (Prominas, 2023). En todas estas secuencias se necesita tener metodología, para presupuestar. Por ejemplo, en la etapa de inicio existe un presupuesto para realizar la compra del terreno, pago de permisos, entre otros, así mismo para la etapa de planeamiento y la etapa de ejecución y control, que es la etapa que este proyecto se foca, ya que es la etapa que las constructoras se desempeñan.

Para que las constructoras consigan adjudicarse un proyecto y llevar a la realización una obra necesitan mecanismos que ayuden a realizar los proyectos con gestión y metodologías que orientan a seguir una ruta, sea esta eficiente o no, un proyecto de construcción puede ser un buen negocio para las constructoras o convertirse en un proyecto mal desenvuelto, cabe destacar que en este proceso de fracaso aparte de crear frustración para el equipo envuelto genera pérdida de capital para los inversionistas del proyecto.

Este proyecto de título estudia este fenómeno a propósito de la metodología BIM, que trajo nuevas tecnologías a la industria debido a las problemáticas existentes al momento de cubicar, dado el método, tiempo y actualización de los presupuestos, entre otros. Es importante analizar las diferencias y contraste entre las nuevas tecnologías con modelos en 3D y las que usan en actualmente 2D y que a medida que va pasando los años, nuevas empresas están utilizando, con el objetivo de entender los beneficios de implementar BIM para elaborar presupuestos más precisos.

Además de lo anterior, este proyecto intenta obtener resultado de la información de los beneficios de BIM, que una constructora puede obtener al utilizar la metodología, para esto se realiza un estudio de como son los presupuestos de forma convencional, entendiendo que el presupuesto comienza a partir del modelo y así obtener una diferencia y un contraste entre elaborar presupuesto usando modelos a partir de AutoCAD y por la parte, usando metodología BIM.

Estas diferencias entre metodologías cambian la estructura de la empresa, elaborar presupuestos para cada partida es un trabajo que los profesionales ya manejan, usando diferentes plantillas, aunque los datos de cambios en el diseño son manuales y tedioso, la metodología que se usa no afecta a la rutina de los profesionales, puede que la motivación que la constructora puede observar es precisamente la optimización de los procesos. La determinación de los costos que se analizan en cada partida, cada tarea de una obra, además los cambios que se realizan de forma manual no siempre conllevan a tener una mayor exactitud al ser calculado. Por otra parte, una obra cuyos parámetros son definidos, como cantidad de metros cuadrados, cúbicos, kilogramos, en un plano de diseño, al ser cubiertos por diferentes constructoras, como lo es en el caso de una licitación, se

encuentran diferencias al momento de la entrega de los presupuestos, porque que cada profesional u oficina técnica usa diferentes metodologías de presupuestar y medición.

Los proyectos que la constructora recibe son referentes a todos los procesos multifacéticos como:

- Arquitectura
- Estructura
- Eléctrica
- Hidráulica
- Mecánica.

La constructora, al adjudicarse el contrato de construcción, define como objetivo principal el alcance del proyecto, cumplir con los plazos sin perjudicar a la calidad ni a la seguridad, además de los aspectos de pago y otros detalles. En este escenario ella se torna eficiente si logra el éxito de un buen trabajo de elaboración de presupuestos y logra una buena gestión.

Los proyectos de construcción son elaborados por una gran variedad de profesionales, para todos los procesos de los proyectos. Y, cuando la constructora recibe los planos de las diferentes disciplinas, deben realizar un estudio para verificar que los planos conversen entre sí, la comunicación es esencial y son un aspecto clave para una buena realización de los proyectos.

Dado a lo anterior, la comunicación que la constructora necesita recibir debe ser con absoluta claridad, existe mucha información para realizar el levantamiento del presupuesto, por lo tanto, se necesita toda la información de todas las partes del proyecto. En algunos casos la constructora recibe los planos directamente del propietario y se espera que la información siempre sea clara y detallada.

Existen varias maneras en que la constructora puede recibir los planos de un proyecto de construcción.

1. Del Cliente: El cliente puede ser el propietario de la edificación y proporciona los planos al contratista.
2. Oficina de arquitectura e ingeniería: los arquitectos e ingenieros, que son parte del proyecto de forma interna o externa, entregan los planos a la constructora.
3. Obras Publicas: en algunos casos las autoridades del estado pueden fornecer los planos para proyectos públicos.
4. Licitaciones: Las constructoras reciben los planos en proyectos de licitación.

Para cada uno de los casos la información debe ser clara y la constructora debe realizar los presupuestos de las diferentes partes, por lo tanto, en la vida cotidiana, esta forma de trabajar presenta dificultad al no tener una comunicación muy eficiente con los profesionales que modelan los proyecto que serán construidos, porque en muchas ocasiones los planos que ya son entregados por una oficina de arquitectura, o de especialidades, no tienen la sincronización con el proyecto que la constructora solicita en el caso de realizar algunos cambios en los diseños y mantener actualizada toda la información para todas las partes involucradas. Esta falta de fluidez de la información hace perder tiempo vital para el avance del proyecto, los presupuestos se ven

ralentizados y esto hace con que lograr que los proyectos se ejecuten bajo el presupuesto inicialmente pactado y en el tiempo inicialmente contratado sea cada vez más difícil.

Como las obras de construcción son de un carácter dinámico y complejos, que involucra la rentabilidad de una empresa, los presupuesto tienen una labor vital, ya que consideran una gran cantidad de aspectos como la adquisición de un terreno, la forma arquitectónica de la edificación, compra de materiales, contratación del personal de la obra, además de gerenciar los plazos y el control de la calidad.

En este proyecto de título, se destacarán los beneficios claves de utilizar BIM en la estimación de los costos, como una metodología capaz de realizar análisis más específicos y detallados, optimizando los recursos que son requeridos para la creación del proyecto. En la práctica, las constructoras pueden ver en esta metodología la mejora de la estimación y gestión de los costos, ayudando a tener proyectos más precisos, con la colaboración que existe en cada proceso.

En lo que respecta a los presupuestos, estos representan la planificación intelectual de los proyectos, expresada en un conjunto de documentos conocidos como "entregables". Estos documentos permiten a los inversionistas transformar una idea en un modelo arquitectónico, para luego cuantificar y evaluar la viabilidad del proyecto. La elaboración de un presupuesto sólido es esencial para llevar a cabo el proyecto de manera controlada a lo largo de todo su ciclo de vida, abarcando desde la planificación y aprobación hasta la ejecución.

Dado que los proyectos se llevan a cabo en colaboración con otras disciplinas que conforman el proyecto, es esencial que todos trabajen a partir de un único modelo. Esto permitirá visualizar cómo cada proyecto individual afecta al proyecto general, lo que se logrará mediante la representación en una plataforma, ya sea en la nube o en un servidor interno, en la que varias personas puedan compartir información de manera coordinada en un único proyecto.

1.2 Alcance

El Constructor Civil o Ingeniero Constructor que lidera una empresa constructora puede mostrar interés en la adopción de nuevas metodologías. Estas nuevas metodologías permiten establecer objetivos con mayor precisión en los proyectos, así como garantizar plazos más cerca de los plazos teóricos para cada etapa. Lo que implica asegurar la entrega oportuna de los hitos establecidos sin sufrir retrasos, evitar la sobrecarga laboral y minimizar los sobrecostos en la construcción. La transición de los diseños a la producción conlleva desafíos significativos, lo que ha llevado a la industria de la construcción a explorar la metodología de trabajo colaborativo.

Las empresas, buscan beneficiarse de esta tendencia y han observado los resultados a través de estadísticas como la "Encuesta BIM", realizada a nivel nacional y mundial. Estos datos muestran un aumento en la productividad de la industria, así como la estandarización de las construcciones. A largo plazo, esto también se traducirá en una mayor durabilidad y un mejor control en las futuras reparaciones de las edificaciones (Desarrollo, 2021).

1.3 Desafíos

Es fundamental que la adopción de las tecnologías empleadas en la metodología BIM sea compartida por todo el equipo, no limitándose únicamente al profesional a cargo de la obra o a las oficinas de arquitectura. Esta transición tecnológica conlleva cierta perturbación organizativa, por lo que resulta imprescindible presentar un método de implementación que sirva como modelo.

Este proyecto tiene como objetivo establecer un modelo de referencia para las empresas constructoras de mediano y pequeño tamaño. En la sección "Metodología," se explica de manera clara y efectiva los procedimientos que las constructoras pueden seguir para implementar la metodología BIM en la gestión de presupuestos. En relación con los presupuestos, es responsabilidad de los profesionales a cargo de los proyectos establecer una interconexión con todos los participantes.

La introducción de múltiples adaptaciones y modificaciones en un proyecto genera incertidumbre, lo que hace que la rentabilidad calculada de manera teórica resulte inútil e inconsecuente.

Debido a las considerables dificultades identificadas en la gestión de presupuestos de obras de construcción a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos, las empresas han mostrado interés en la implementación de la metodología BIM para la gestión de proyectos, es solo ver la cantidad de empresas constructoras que se han asociado a "BIM Forum Chile" (bimstudio.cl).

Uno de los objetivos que las constructoras persiguen es reducir el tiempo de diseño y construcción, logrando así mayor eficiencia, efectividad y confiabilidad en la generación de información, como planos detallados, estimación de recursos necesarios, costos, programación de tareas y la creación de modelos "As-Built" (Londoño, 2021).

El desafío que enfrentan las oficinas constructoras al implementar la Modelación de la Información en la Construcción (BIM) es sin duda el avance más significativo que ha experimentado la industria en décadas, las ventajas identificadas no han pasado desapercibidas para los inversionistas, que ven en esta transición una forma de aumentar las utilidades y promover una industria más sostenible.

Sin embargo, la apuesta por dar el salto al mundo BIM es un proceso que puede resultar traumático debido a los costos iniciales y al nivel de formación requerido para los profesionales. Por esta razón, este proyecto tiene como objetivo proporcionar orientación para comprender como esta problemática, puede ser solucionada.

Uno de los diferentes mecanismos de investigación utilizado para realizar este proyecto es la conferencia "Pilares para la implementación BIM en oficinas de Arquitectura" de la profesora Marta Baeza Ulloa (Arquitecta- Master BIM Management), dada para implementar BIM en oficina de arquitectura, donde se explica detalladamente el proceso de implementación de la metodología y que para este proyecto toma en cuenta para determinar los desafíos iniciales que tiene una organización al implementar los beneficios de la metodología BIM, que son:

- La organización debe comprender de manera clara qué es BIM.

- Es esencial conocer el funcionamiento interno de la organización, es decir, la metodología que utiliza la oficina.
- El trabajo en equipo es fundamental, ya que las metas fijadas no pueden alcanzarse sin una colaboración unificada. La victoria no puede lograrse si el equipo trabaja de manera aislada.
- La actualización de software es crucial. BIM, en su proceso colaborativo, implica modelados en 3D que están en constante evolución. Por lo tanto, la organización debe contar con equipos adecuados para admitir los programas utilizados.
- La estandarización es un aspecto importante que abarca la documentación de los procesos de construcción y la normalización de los procedimientos de trabajo.

OBJETIVO GENERAL

Presentar el potencial que tiene la metodología BIM en los presupuestos de obra, referente a reducción de costos y productividad en las etapas constructivas de un proyecto de edificación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para obtener una diferencia de las metodologías AutoCAD y BIM, se elaborará el diseño de un proyecto de edificación utilizando la metodología BIM con los softwares Revit, Presto o Navisworks para elaborar un presupuesto y la metodología convencional, utilizando AutoCad y planillas Excel.

Establecer los contrastes entre ambos sistemas y conocer los sobrecostos que podría tener un proyecto con el método convencional y con esto conocer el potencial que podrá obtener las constructoras usando la metodología BIM.

Investigar cuales softwares se utilizan en la metodología BIM para presupuesto y cubicación y cuáles son los mejores para la implementación de la metodología BIM dentro de una constructora.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 Generalidades

En Chile, se ha establecido el objetivo de implementar BIM en todas las obras de origen público, con la expectativa de lograr una reducción del 9.7% en los costos de producción actuales y un aumento del 10% en la producción. Además, existe la iniciativa "PLANBIM - Construye 2025", respaldada por CORFO. La implementación de BIM se centra en dos ejes principales: Objetivos y Plan de acción, que incluyen:

- Aumentar la productividad y sostenibilidad en los ámbitos social, económico y ambiental.
- Mejorar la calidad y eficiencia de los proyectos en todo el ciclo de vida de las obras.

- Aumentar la productividad y reducir los costos de obra, los plazos y la ineficiencia en los procesos de construcción.
- Mejorar la trazabilidad y transparencia de la información en los proyectos.

BIM no es simplemente un software o un modelo tridimensional, sino más bien un proceso y una filosofía de trabajo. Se organiza en capas de información y datos, que representan distintas disciplinas como arquitectura, ingeniería, datos topográficos, instalaciones, entre otras. Todas estas disciplinas operan en un entorno de datos común, lo que requiere que trabajen en colaboración en un espacio compartido, ya sea en la nube o en un servidor interno dentro de un estudio.

El objetivo del país, que involucra a la industria de la construcción y a todos sus actores, es "acelerar la transformación de la construcción para avanzar hacia un país más productivo y sostenible" (Construye 2025). Además, se busca garantizar la durabilidad de las edificaciones a través de una construcción intelectual y un funcionamiento óptimo.

Estos objetivos son ambiciosos, y es importante tener en cuenta que el sector de la construcción a nivel mundial se caracteriza por la colaboración de diversos profesionales y la generación de empleo. De hecho, "el sector de la construcción desempeña un papel fundamental en la economía global, contribuyendo aproximadamente con el 10% del PIB mundial y empleando alrededor del 7% de la fuerza laboral mundial" (Rivas, 2014, p.13).

2.2 metodología de presupuestos

La etapa de construcción de un presupuesto requiere un enfoque integral que comienza con un análisis detallado de los planos y especificaciones técnicas del proyecto. Es fundamental relacionar los planos de Arquitectura, Estructuras, Instalaciones y Especialidades entre sí. En la medida de lo posible, se deben aplicar los parámetros proporcionados por la norma NCH 353, considerando la relación entre partidas y unidades respectivamente. Además, es esencial llevar a cabo un estudio exhaustivo de la zona donde se realizarán los trabajos.

Una vez que se haya completado la recopilación de tareas, es importante organizarlas secuencialmente, esta estructuración es crucial para comprender todas las labores dentro de una tarea específica. Asimismo, se deben incluir observaciones con el fin de facilitar una verificación rápida y detectar posibles errores.

Luego de numerar y categorizar todas las partidas de manera adecuada, se recomienda realizar una revisión paramétrica exhaustiva de cada una de ellas.

Con relación a los presupuestos, es esencial considerar los flujos de caja que abarcan todos los costos y que la organización utiliza en cada fase de planificación de los proyectos. Según el libro "Costos y Presupuestos en Edificación", los costos directos de obra comprenden todos los elementos necesarios para llevar a cabo la ejecución de un proyecto. Estos elementos abarcan Obras Preliminares, Obra Gruesa, Terminaciones, Instalaciones, Especialidades y Obras Exteriores. Además, se deben tener en cuenta los costos de mano de obra, impuestos, así como los costos indirectos, que engloban gastos generales, utilidades e impuestos vigentes en el país. Esta comprensión integral es esencial para una gestión financiera eficaz en el ámbito de la construcción.

Dicho lo anterior, ahora se nombrará los aspectos más importantes de la generación de un presupuesto de forma convencional, de tal manera que se pueda entender los beneficios que se pueden adquirir de la metodología BIM, ya que existe una serie de dimensiones de trabajo y la dimensión que este proyecto de título tiene como objetivo es la Quinta dimensión o 5D, que se detallará al final de este capítulo.

2.3 Presupuestos, Costos de Edificación.

Los presupuestos estiman costos que son necesarios para llevar a cabo una obra, estos cálculos incluyen las cubicaciones que consideran: materiales, mano de obra permisos, equipos, costos indirectos y otros costos asociados al proyecto. Los presupuestos son herramientas claves para planificar y controlar, cada gasto que se crean, durante el proyecto que se va realizando.

Para continuar en este apartado de antecedentes del proyecto, se mostrarán tablas de cubicaciones de materiales y es necesario, diferenciar el concepto de cubicaciones y presupuestos, ya que cubicar es cuantificar la cantidad y el volumen de los materiales, a su vez los presupuestos de construcción, utilizan cálculos una serie de costos que son necesarios para llevar a cabo el proyecto, no solo incluye a los materiales, como en primera instancia, si no que también incluye los costos de mano de obra, de permisos, equipos, gastos generales, utilidades, margen de errores o de beneficios. El presupuesto tiene que coincidir con la planificación. Existe una coherencia con el propósito del proyecto y el cronograma de tareas con relación al tiempo.

Por lo tanto, se puede sintetizar que las cubicaciones son métodos para calcular principalmente la cantidad de materiales, mientras que los presupuestos, calculan todos aquellos aspectos financieros que conlleva realizar un proyecto de construcción, como materiales, mano de obra, etc. Ambas labores son esenciales para llevar un control de obra.

La siguiente imagen podrá dar una un esclarecimiento más amplio al respecto de esto.

ESQUEMA GENERAL DE ELABORACION DE UN PRESUPUESTO DE OBRA

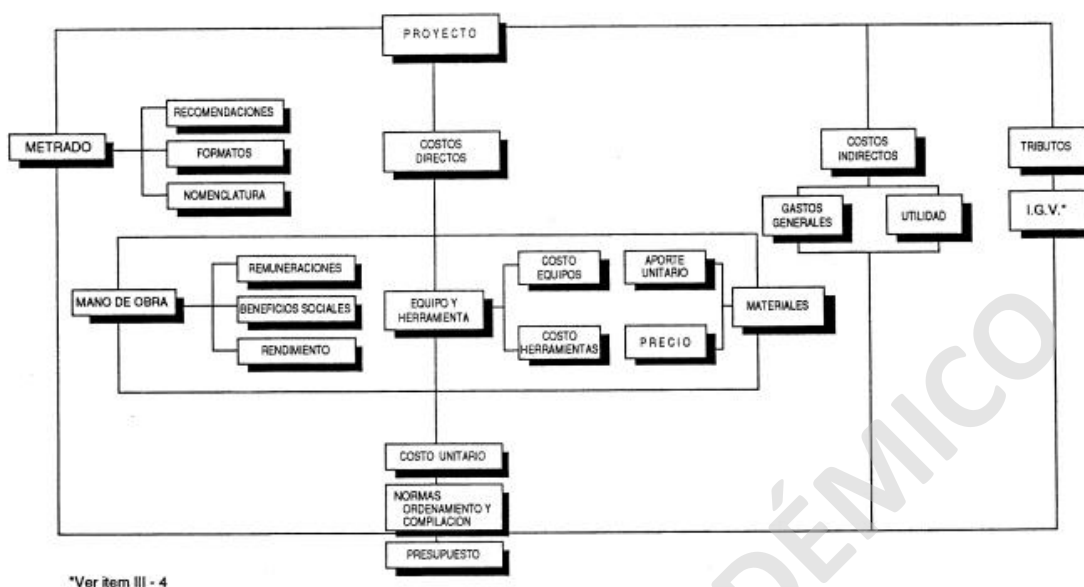


Imagen 1 Esquema General de Elaboración de un Presupuesto de Obra

Fuente imagen: (Capeco, 2003)

Según la definición de la Cámara Peruana de la Construcción, el metrado implica el cálculo de las cantidades de trabajo, las cuales, al ser multiplicadas por el costo unitario y luego sumadas en cada partida, dan como resultado el costo total.

Antes de realizar el metrado es necesario considerar estas recomendaciones:

- Estudiar de forma detallada los planos y las especificaciones técnicas del proyecto, detectar interferencias entre los planos de arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias y eléctricas, para una correcta edificación.
- Considerar, en lo posible, la relación entre partidas y unidades como se establece en la norma NCH 352, norma esta que proporciona las directrices para calcular volúmenes y dimensiones.
- Crear un listado de todos los elementos o partidas que deben ser medidos
- Las medidas deben ser lo mas precisas posible, de longitud, área, volúmenes. Para eso, hay que usar las herramientas adecuadas, para evitar errores y además de consultar cualquier duda del proyecto.
- Definir las unidades de medida para cubicar los materiales o la mano de obra, esto es metros cuadrados, metros cúbicos, mano de hombre/día.

Para aplicar las informaciones, se muestra a seguir unas tablas de ejemplo como realizar levantamiento de datos para el presupuesto.

PRESUPUESTO								
Obra :			Hoja N° :					
Propietario :			Plano N° :					
Fecha :			Hecho por :					
			Revisado :					
Partida N°	especificación	N° de veces	Medidas			Parcial	Total	Unid
			Largo	Ancho	Altura			

Imagen 2 Presupuesto

Fuente imagen: (Capeco, 2003)

U otro formato para agregar algunos revestimientos como lo sugiere capeco

METRADO																						
Obra :											Hoja N° :de.....											
Propietario :											Plano N° :											
Fecha :											Hecho por :											
											Revisado :											
Partida N°	Descripción	N° de veces	Medidas			Perímetro	Revoques		Pisos							Contrazócalos				Zócalos		
			l	a	h		Area	Muros	Cielo raso	Falso piso	Contra piso	Parquet	Madera	Mayolita	Loseta	Concreto	Loseta	Cemento	Aluminio	Madera	Mayolita	Cemento

Imagen 3 Metrado

Además de enfierradura

METRADO											
Obra : Propietario : Fecha :					Hoja N° : de Plano N° : Hecho por : Revisado :						
Descripción	Diseño del fierro	Ø	N° de elementos iguales	N° de Piezas x elemento	Longitud x pieza	Longitudes x Ø'					
						1/4 "	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"

Imagen 4 Metrado 2

Y para concreto armado.

METRADO DE CONCRETO ARMADO																		
Obra : Propietario : Fecha :										Hoja N° : de Plano N° : Hecho por : Revisado :								
Part. N°	Elemento:		Concreto				Encofrado		Fierro			Longitud Total						
	Descripción	Cant. de elementos	Medidas			Total (m3)	Medidas		Total (m2)	Diam	Cant.	Longitud c/Ø'	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
			l	a	h		l	a (h)										

Imagen 5 Metrado de Concreto Armado

Fuente imagen: (Capeco, 2003)

Estas planillas son típicas en las oficinas de obras, una vez que se tienen todas dimensiones, volúmenes, kilogramos, se puede obtener los costos directos como lo indica la imagen 1. Como se puede apreciar, los presupuestos no solo se compone por la cuantificación de los materiales, es por esto que se hace importante discriminar todos los componentes del presupuesto en este apartado “Antecedentes”, para que en el siguiente capítulo, “Metodología”, una vez identificado cada parte del presupuesto y aun realizando un diagnóstico de la metodología tradicional con modelos a partir

del diseño 2D de AutoCAD, se pueda identificar cuales son los beneficios que la metodología BIM puede entregar a las constructoras, al implementar la gestión de los presupuestos en los proyectos de construcción.

Además, estas planillas son un medio de control, ya que al ser fabricadas por una herramienta como es Excel, o Project MS se puede usar para medir y controlar avance de obras.

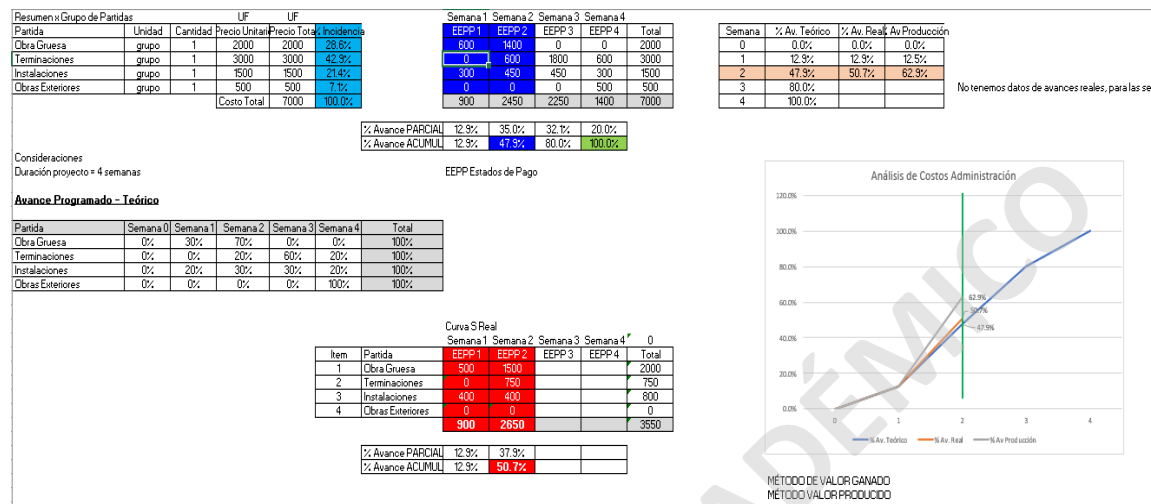


Imagen 6 Curva S

Fuente Image: Imagen propia

La imagen 6 indica lo dicho anteriormente, el presupuesto, al ser planificado en una GANTT, permite realizar el levantamiento de rentabilidad y expresar los datos en un gráfico, llamado “Curva S”, que indica el progreso de la obra

2.3.1 Costos Directos

Los costos directos de obra son la suma de todos los costos de materiales, pagos a colaboradores de la organización incluyendo los derechos sociales, maquinarias y en el fondo se consideran todos los costos que existen al realizar el proyecto. Una empresa puede analizar estos datos usando Excel u otras aplicaciones, pero generalmente se puede tener unos formatos parecidos a los formatos a seguir.

Flujo de caja

	0	1	2	3
Ingresos		\$308,000,000	\$308,000,000	\$308,000,000
Gastos		\$152,901,942	\$171,659,538	\$164,143,542
Alquiler (-)		\$19,730,000	\$20,834,880	\$20,519,200
Gastos Operativos Fijos (-)		\$34,255,294	\$50,549,104	\$50,549,104
Costos operativos variables (-)		\$41,760,000	\$44,098,560	\$45,862,502
Gastos en personal (-)		\$53,676,648	\$53,676,648	\$45,862,502
Intereses (-)		\$3,480,000	\$2,500,346	\$1,350,233
Depreciación (-)		\$27,000,000		
Utilidad Antes de Impuestos		\$128,098,058	\$136,340,462	\$143,856,458
Impuestos (-)	0.27	\$34,586,476	\$36,811,925	\$38,841,244
Utilidad después de impuestos		\$93,511,582	\$99,528,537	\$105,015,214
Depreciación (+)		\$27,000,000		
Préstamo (+)				
Amortización préstamo (-)	\$39,693,366	\$11,174,066	\$13,118,353	\$15,400,947
Inversión (-)	\$99,233,416			
Flujo Caja	-\$59,540,050	\$109,337,516	\$86,410,184	\$89,614,267
Utilidad Acumulada				

Pregunta 3 **VAN** \$179,866,676

Pregunta 5 **TIR** 161%

Imagen 7 Flujo de Caja

Fuente imagen

Este flujo de caja permite al gerente y al administrador de la obra entender como el ejercicio del trabajo es dinámico, y que existe una inversión que espera un retorno al calcula el VAN, que en este caso es mayor que 0, por lo tanto, es un proyecto que es viable de realizar. Las descripciones que se detallan en gastos pertenecen a un análisis de gastos, como por ejemplo el costo de los trabajadores o la amortización de un préstamo.

Para gestionar un presupuesto existen varios mecanismos de control, la siguiente imagen representa el control de las tareas y expresa como cada día de trabajo representa una incidencia en el progreso de la obra.

Nombre de tarea	Duración/DIAS	trabajadores	4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14												18 19 20 21 22 23 24									
			D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
A	10	2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
B	12	3			2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
C	13	3																	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
D	13	5																	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
E	15	4																						

Imagen 8 Control de Avance

Fuente imagen: imagen propia

2.4 Gestión de presupuestos con AutoCAD (diseño como fuente de información)

El software de modelado en 2D AutoCAD se utiliza para la creación de proyectos en los cuales diversos profesionales, como dibujantes, proyectistas, supervisores e ingenieros, desempeñan sus

roles. Cada disciplina emplea AutoCAD con sus propias características y enfoque, lo que les permite abordar sus tareas de manera autónoma.

Este diseño o modelo no solo proporciona información sobre las dimensiones del proyecto, sino que también incluye cálculos de costos. Se utiliza, por ejemplo, el método de precio unitario para determinar el costo total de la obra. Además, se efectúan cálculos de dimensionamiento y capacidad, como en el caso de sistemas de refrigeración, y se estiman los materiales y los insumos necesarios para desarrollar las especificaciones del proyecto.

En la fase inicial del proyecto, cuando el cliente plasma sus ideas junto a un arquitecto, el diseño resultante se convierte en una fuente clave de información. Cuando el arquitecto entrega este diseño a las distintas disciplinas involucradas, la información debe ser detallada y precisa. Por lo general, se proporciona en formato DWG, y se espera que se refleje con precisión en el diseño todo lo necesario para el proyecto.

2.5 Generar presupuestos basado en la metodología BIM.

Una de las razones fundamentales para adoptar la metodología BIM en la gestión de presupuestos radica en su capacidad para crear un entorno altamente colaborativo, aprovechando diversas modalidades de modelado. Esto facilita la interacción entre las distintas disciplinas involucradas, lo que, a su vez, fomenta la productividad de los equipos de trabajo. (Karoline Figueredo).

La elaboración de presupuestos es una tarea compleja y de vital importancia, ya que requiere un enfoque riguroso en la documentación impresa. Cada elemento del presupuesto debe contener instrucciones coherentes, dado que la construcción implica una serie de pasos que deben ser coordinados cuidadosamente, tanto en diseño como en ejecución, se vuelve esencial emplear un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permitan a las empresas constructoras gestionar eficazmente todos los aspectos de un proyecto. Esto implica que especialistas y técnicos deben trabajar de manera colaborativa para mejorar la transparencia de la información en cada fase del proceso.

Este proyecto tiene como objetivo demostrar que los beneficios que una constructora puede obtener al elaborar los presupuestos usando, implementación de la metodología BIM para garantizar el cumplimiento de los proyectos, mejorar los rendimientos al reducir los sobrecostos y acelerar los plazos de ejecución, lo que, en última instancia, aumenta la credibilidad de los presupuestos.

En la siguiente sección de este proyecto se presentará los beneficios al implementar BIM en la elaboración de presupuestos. Sin embargo, desde ahora, podemos adelantar algunos conceptos relacionados con los presupuestos y los pasos que se llevarán a cabo para lograr la replicabilidad de los proyectos. Esto implica la estandarización de los proyectos, de modo que los requisitos establecidos en un proyecto inicial puedan ser utilizados en proyectos posteriores.

Para crear presupuestos utilizando la metodología BIM, se pueden considerar los siguientes parámetros:

- Desarrollar proyectos replicables para proyectos futuros.

- Basarse en la información del modelo 3D.
- El modelo 3D debe incluir etiquetas que contengan información geométrica, dimensiones, valores de los productos y, en algunos casos, datos de proveedores. Cualquier cambio en el modelo debe reflejarse en las etiquetas correspondientes.
- Cada disciplina debe trabajar en sus proyectos con etiquetas para facilitar la detección y corrección de conflictos en el modelo 3D, utilizando herramientas como Navisworks de Autodesk.
- Recopilar toda la información generada en obra que se intercambia entre contratistas, especificaciones técnicas, diseñadores y el propietario del proyecto para establecer el ciclo de vida del proyecto.
- Utilizar un modelo arquitectónico como base.

2.6 Beneficios y desventaja de las metodologías usando AutoCAD y BIM

2.6.1 AutoCAD

Beneficios:

- AutoCAD ha aportado simplicidad al proceso de diseño de edificaciones, convirtiéndose en un programa ampliamente utilizado con el paso de los años. La familiaridad de muchos profesionales con esta herramienta acelera significativamente la creación de presupuestos.
- Relacionado nuevamente con el diseño en AutoCAD, su inversión inicial es más asequible, lo que posibilita que pequeñas empresas puedan invertir en otros programas de gestión complementarios.
- Estandarización de cotas: AutoCAD permite organizar las dimensiones en capas específicas, lo que se traduce en un notable ahorro de tiempo al integrar los presupuestos con otros datos del proyecto.

Desventajas:

- Ingreso manual de datos: La introducción manual de información ha demostrado ser propensa a errores, ya que la gran cantidad de datos puede dar lugar a imprecisiones, generando sobrecostos en las obras.
- Integración de múltiples softwares en la generación de presupuestos: Este enfoque implica cierta complejidad y requiere más tiempo, ya que es necesario examinar minuciosamente los datos para eliminar posibles errores.
- Limitaciones en el trabajo colaborativo: Como se mencionó en el apartado inicial (2.4.1), la colaboración efectiva es posible solo entre proyectistas que dominan AutoCAD 2D. Esto implica que la información puede quedar restringida al administrador del proyecto, a pesar de que se comprende que un proyecto es el resultado de un esfuerzo conjunto.
- Mayor probabilidad de errores: La falta de colaboración en el diseño, que se traduce en una falta de integración de información, aumenta la probabilidad de errores. Dado que los proyectos son dinámicos y experimentan cambios constantes, y dado que la información se mantiene en un solo departamento del proyecto, existe el riesgo de que el presupuesto no refleje los cambios en las obras de manera precisa.

2.6.2 BIM

Beneficios:

- Integración de la información: Uno de los principales beneficios radica en la extracción de datos del modelo 3D, lo que resulta en presupuestos más precisos para la constructora. Además, el modelo permite la inclusión de costos, lo que brinda a la organización una visión integral del proyecto y facilita la toma de decisiones basada en una experiencia conjunta.
- Actualización de la información: Las variaciones en los presupuestos identificadas mediante modelos 2D de AutoCAD encuentran solución con el uso de modelos BIM, ya que cualquier modificación en el proyecto se refleja automáticamente en el presupuesto.
- Gestión de interferencias: Un aspecto que reduce significativamente el tiempo de análisis del proyecto es la detección de colisiones entre elementos durante el diseño. Esto es especialmente común entre las instalaciones mecánicas y las estructuras, así como otras instalaciones. El estudio manual tiende a propiciar errores, mientras que el uso de modelos BIM identifica eficazmente los tipos y marcas de elementos en conflicto y permite correcciones en tiempo real durante la ejecución del proyecto.
- Análisis avanzado de costos: La gestión del proyecto se puede dividir en partes más manejables, lo que permite la simulación de costos en diversas fases del proyecto. Estos recursos se integran para un control y gestión más efectiva de las obras.
- Seguimiento: La metodología BIM permite mantener un histórico actualizado y completo de los cambios en el proyecto, lo que posibilita auditorías más precisas.
- Colaboración: Otro logro significativo es la colaboración entre todos los participantes. A menudo, se asocia a BIM únicamente con la modelación de proyectos, pero en realidad involucra a arquitectos, ingenieros, recursos humanos, administradores y otros stakeholders.

Desventajas:

- Inversión inicial y capacitación del personal: Este aspecto se enumera como la primera desventaja debido a que la implementación de la metodología BIM implica la inversión en licencias de software y costos asociados al hardware. Esto puede no resultar tan atractivo para las pequeñas empresas en comparación con los costos de mantener el uso de modelos 2D con AutoCAD.
- Tamaño del Proyecto: En proyectos de escala reducida, no es necesario emplear plenamente modelos BIM.

Antes de llevar a cabo un contraste, el primer paso que este proyecto sugiere es distinguir entre BIM y CAD en función de parámetros fundamentales que rigen en cualquier obra, tales como plazos, costos, calidad y, especialmente, el nivel de detalle del proyecto.

2.7 Diferencias principales:

1. Plazos: Una vez que los equipos de construcción dominan la metodología BIM, obtienen una ventaja competitiva en comparación con las empresas que siguen métodos convencionales. Esto se debe a que los cambios se realizan automáticamente, lo que a su vez actualiza los presupuestos de manera más rápida y eficiente en comparación con AutoCAD.
2. Costos: A pesar de que la inversión inicial en la metodología BIM es mayor con relación a AutoCAD (incluyendo software de gestión, gráficos GANTT y recursos humanos), es fundamental considerar que el beneficio a largo plazo se vuelve evidente gracias a la gobernanza implementada en la gestión de obras. La implementación de BIM resulta en presupuestos más precisos y en la reducción de errores de construcción, lo cual, como se ha destacado en este proyecto, evita la generación de "sobrecostos de obra".
3. Calidad: Los modelos BIM ofrecen entregables más detallados en los proyectos, lo que disminuye significativamente los riesgos de errores comunes en la ejecución de obras, en especial aquellos que no pudieron preverse eficientemente en la fase de diseño, como las interferencias.
4. Detalle y estandarización: El uso de BIM en los proyectos permite que la organización capitalice la experiencia de proyectos previos en los siguientes que emprenda. Una de las ventajas más notables de emplear la metodología BIM en la edificación es el establecimiento de un "estándar BIM" que facilita a la organización la definición de directrices y estructuras de información para los proyectos desarrollados con esta metodología.

2.7.1 Resultado de las diferencias principales

Tras el estudio realizado, es evidente que, en proyectos de menor envergadura, como la construcción de viviendas o proyectos de remodelación, que a menudo son abordados por pequeñas constructoras, la metodología más cómoda podría ser el uso de AutoCAD para la creación de modelos de diseño y, a partir de estos modelos, la elaboración del análisis de costos. No obstante, la organización debe asumir la posibilidad de errores que puedan surgir durante la entrada de datos en el análisis de presupuestos.

En contraposición, el uso de la metodología BIM proporciona a la constructora una herramienta que permite mantener un presupuesto más preciso a lo largo del ciclo de vida del proyecto, brindando a la gestión del proyecto una mayor seguridad en lo que respecta a las variaciones de costos y la eficiencia en la ejecución de los trabajos.

No obstante, la implementación de la metodología BIM en la organización debe ser cuidadosamente planificada. En algunos casos, puede requerir la contratación de un BIM Manager como un costo adicional para garantizar que el proceso se desarrolle de manera fluida y se aprovechen los beneficios que no se obtendrían utilizando la metodología tradicional de diseño en 2D con AutoCAD. En muchos casos, la formación del equipo interno puede resultar más productiva que la contratación de nuevos profesionales que no estén familiarizados con los procedimientos de la constructora.

Una vez que se han identificado las principales características de cada metodología, se procede a realizar un análisis de contraste, utilizando una tabla que resume los puntos discutidos hasta el momento en este proyecto y que refleja los resultados mencionados.

2.8 Contraste

Características	BIM	AutoCAD
Tipo de Tecnología	Modelaje de informaciones e construcción	Software de diseño asistido por computador
Amplitud del modelo	Los objetos poseen información	Los objetos se representan en vectores
Visualización	Modelos en 3D Parametricos (contienen información)	Diseño 2D o 3D baseados en líneas
Colaboración y Gestión	Equipos con mayor capacidad de toma de decisiones facilitando cambios en la etapa de inicio del proyecto	Requiere de un mayor esfuerzo dado a que muchas veces la comunicación entre los equipos no es dentro de un ambiente colaborativo, como una nube o un servidor
Gestión de datos	Los datos son almacenados en un modelo centralizado, esto permite realizar cambios en tiempo real	Los datos son integrados de forma manual de los archivos, es decir, si el diseño adquiere un cambio, sea por interferencias, todo el proyecto incluyendo el presupuesto debe ser analizado por separado
Detección de conflictos	Facilita de manera automática los conflictos desde el modelo de diseño	Necesita detección manual de los conflictos
Extracción de documentos y detalle	Los modelos 3D realizan los proyectos de tal manera que se pueden imprimir documentos 2D si fuera el caso	AutoCAD necesita realizar los diseños de forma manual, elevaciones y de detalle
Ciclo de vida de los proyectos	Los beneficios que entrega BIM so desde el diseño conceptual del proyecto, inclusive en la entrega y aun en la etapa de mantención	Se concentra principalmente en la etapa de diseño y construcción, no así en la administración ni entrega
Realización de datos	Facilita la reutilización de datos bajo estandarización, sirviendo estos datos para proyectos futuros, como son las familias parametricas	Se utiliza esfuerzos adicionales para nuevos proyectos

Fuente Tabla: Propia

Realizar este análisis es de vital importancia para resaltar las principales diferencias y llevar a cabo una evaluación comparativa que permita comprender el nivel de detalle y especificidad de cada metodología.

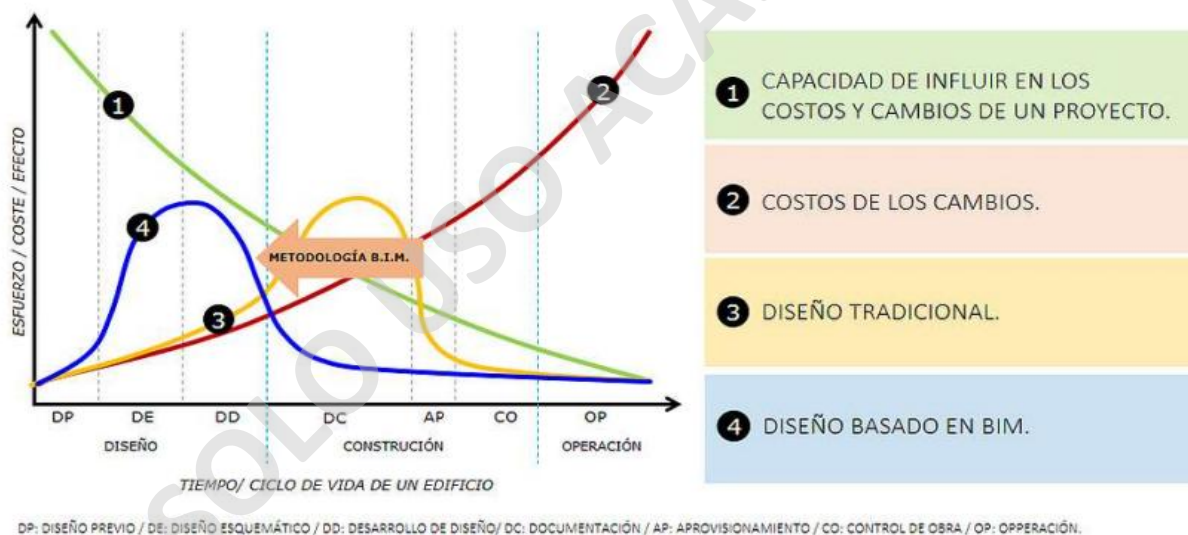
Otro factor que podría motivar a las constructoras a implementar la metodología BIM desde la etapa inicial del proyecto hasta su entrega o conclusión es la creciente demanda de proyectos BIM por parte de las entidades gubernamentales. A partir del año 2025, se tiene previsto comenzar a incorporar la "DOM en línea" como parte de la digitalización de procesos en el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Esta iniciativa permitirá la gestión y otorgamiento de permisos de edificación, autorizaciones, certificados y recepciones a través de Internet (Corfo, 2022).

Con relación a lo anterior, la integración de BIM con la "DOM en línea" acelerará significativamente la emisión de estos documentos. PlanBIM contempla la revisión automatizada de los requisitos de los proyectos, lo que no solo agilizará los trámites, sino que también promoverá la transparencia y la realización de proyectos más sostenibles.

METODOLOGÍA

3.1 Introducción

Investigaciones declaran que trabajar con la metodología BIM entrega un control de costos en la fase de ejecución y controle.



Fuente: Gráfico proporcionado por Patrick MacLeamy Presidente de la AIA.

Imagen 9 Tiempo / Ciclo de vida de un Edificio

Fuente imagen: Conferencia “Pilares para la implementación BIM en oficinas de Arquitectura” de la profesora Marta Baeza Ulloa (Arquitecta- Master BIM Management)

El gráfico de la imagen permite comprender la capacidad de control que ofrece la metodología BIM desde el inicio del proyecto. Se observa que el esfuerzo inicial es significativo, y es en la etapa de diseño donde se abordan los cambios. La estrategia de diseño se fortalece considerablemente con la metodología BIM en comparación con el diseño tradicional. Por otro lado, el diseño tradicional tiende a resultar en un mayor esfuerzo y costos en la etapa de ejecución

debido a cambios no contemplados en la fase de diseño. Como ilustra el gráfico, esto conlleva a una curva exponencial de costos en la etapa de construcción y operación del proyecto.

Hasta ahora se ha declarado como son los presupuestos usando la metodología tradicional, elaborando modelos a partir del diseño en 2D de Autodesk y como son los presupuestos utilizando la metodología BIM, con la documentación que se presenta a seguir se podrá tener una claridad mayor de las ventajas o beneficios que se pueden adquirir para la constructora, al trabajar con la metodología BIM. Esta sesión está desarrollada a modo de responder a los objetivos específicos de este proyecto, por lo tanto, la investigación, conlleva a realizar un estudio, de como diseñar una edificación, usando Revit y Navisworks, que son dos softwares del universo BIM de Autodesk. Esto con el objetivo de dar a conocer una visión más amplia de la experiencia de trabajar con presupuestos basado en la metodología, BIM.

Primero que todo volver a mencionar y como fue prometido al inicio del apartado “Antecedentes” capítulo 2.2, para justificar lo que concierne a este proyecto, que es los presupuestos en las constructoras, que en BIM existe diferentes universos.

3.2 Dimensiones del Universo BIM

Como lo menciona la profesora Karoline Figueredo en “Revista Boletim do Gerencimento” en Rio de Janeiro.

BIM	
Dimensão	Utilização
2D	Gráfico
3D	Modelagem
4D	Modelagem + Planejamento
5D	Modelagem + Orçamento
6D	Modelagem + Sustentabilidade
7D	Modelagem + Gestão de Instalações

Tabla 2 Dimensiones del Universo BIM

Fuente imagen: (Karoline Figueredo)

Figueredo, expone que:

- 2D. la segunda dimensión es una representación gráfica, de dos dimensiones, de planta de edificaciones.
- 3D. La representación grafica tridimensional, tiene una mejor calidad visual, al visualizar objetos de manera dinámica, donde el cliente puede observar los componentes arquitectónicos en una “vista ortogonal”, y entender como cada componente caracteriza una parte de la construcción.
- 4D. La cuarta dimensión en BIM es la relación del modelo con el tiempo, que ya se disponen a partir de la compra preparo, almacenamiento, instalación y utilización, esto es lo que se ha venido hablando a lo largo de este proyecto, que es. El “Ciclo de Vida del Proyecto” y la planificación, como pieza clave

- 5D. La quinta dimensión en BIM es la gestión de los costos, los recursos, el impacto del presupuesto y control, de cada fase del proyecto.
- 6D. Energía y sustentabilidad, analiza, cuantitativa y cualitativamente, la energía de la edificación al ser consumida en el ciclo de vida
- 7D. Uso y Mantenimiento, relacionado con la operación y mantención de la vida útil de la edificación. Incluye la dimensión de operación en el modelo, en la que se extrae informaciones del funcionamiento del proyecto, sus peculiaridades, procedimiento de mantenciones en caso de faltar y hasta previsión de demolición en el futuro del proyecto de construcción.
- 8D Seguridad y prevención de accidentes, control de accidente a través del modelo, adicionando información de riesgos al modelo y la dimensión de la seguridad, para prevenir posibles riesgos en la ejecución del proyecto. (Karoline Figueredo)

Cada dimensión representa niveles de información y son las herramientas de gestión de todo el ciclo de vida de un proyecto.

Según Kymmel, citado en (Karoline Figueredo), las diversas dimensiones de BIM permiten la actualización de un modelo para varios propósitos. El nivel de detalle que es integrado, ósea, el nivel de detalle determina la precisión, permitiendo que el modelo sea capaz de ser más exacto en detalles que pueden ser requeridos.

3.3 Elaboración de proyecto, para determinar el potencial de BIM en los presupuestos

En el cuerpo de este proyecto, ya se ha podido definir las diferencias y contraste, que se presentaron como objetivo, resumiendo las ventajas que tiene la metodología BIM, sobre AutoCad. Sin embargo, para reafirmar esta investigación, se elaboró, bajo varios estudios, una forma de cómo manejar algunos programas como Revit/Arquitectura y Navisworks, que es un software de Autodesk, que permite abrir y combinar modelos en 3D, navegar en tiempo real y revisar el modelo y contiene herramienta que sirven para el 5D.

3.3.1 Elaboración de presupuesto usando Revit y Navisworks

Lo primero que se realizó, fue un modelo de una casa, a través de Revit/Arquitectura.

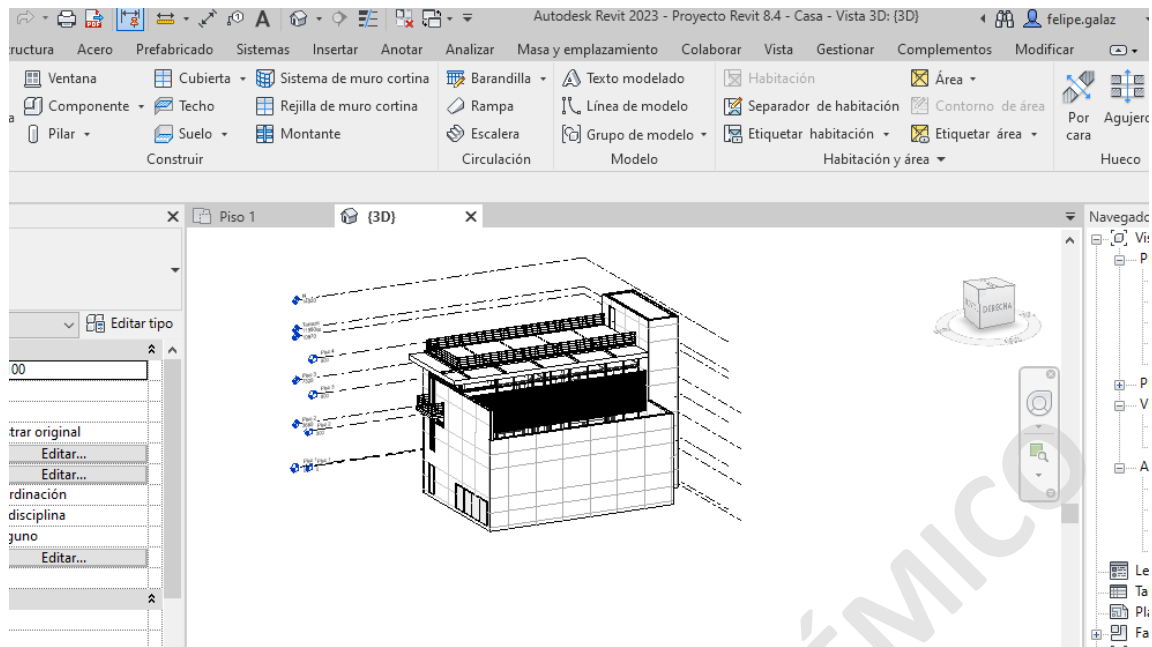


Imagen 10 Modelo para elaborar presupuesto Revit / BIM

Fuente imagen: Imagen propia

Este modelo se creó específicamente para este caso de estudio, el cual es un proyecto de naturaleza sencilla y de menor envergadura en comparación con proyectos como edificios de gran altura o estructuras más complejas como hospitales. No obstante, servirá para ilustrar los beneficios de la elaboración de presupuestos utilizando la metodología BIM.

A la diferencia de AutoCAD, Revit permite realizar un modelo de diseño en 3D, además de tener familias paramétricas, que facilitan el diseño, ya que existen elementos y artefactos ya preparados para insertarlos en el diseño, la facilidad de diseñar paredes y configurar, el material, espesor, hace que el diseño tenga un mejor aspecto. Como se puede ver en otro caso que se adjunta en este proyecto a modo de visualización del aspecto visual, de la herramienta.



Imagen 11 Representación de 3D

Fuente imagen: imagen propia.

La facilidad de determinar el material, asignar otros tipos de material y que, a su vez, ofrezca esta calidad de imagen, hace que el diseño en 3D sea superior a elaborar diseños en 2D.

Volviendo al caso de estudio, las partidas que se analizaron fueron:

- Artefactos Sanitarios – Barandas – Cielos – Cubiertas – Escalas – Losas – Muebles – Muros – Muros Cortinas – Pilares – Puertas – Ventas.

Como se mencionó anteriormente, el software que se empleará para gestionar el levantamiento de metros para el presupuesto y se realizará el resultado de la experiencia al usar esta herramienta es el Navisworks.

3.3.2 Navisworks

Solución de interferencias

Al abrir el programa Navisworks, su interfaz es muy parecida a la de Revit, incluyendo elementos como la barra de navegación. En general es muy intuitivo y fácil de trabajar.

Primero que todo se abre la interfaz y se busca el archivo que se exportó desde Revit u otro programa, en la pestaña de inicio y en añadir, se puede buscar el archivo que se quiere navegar.

Una vez que cargó el archivo, se pasa a visualizar el modelo, como en la siguiente imagen

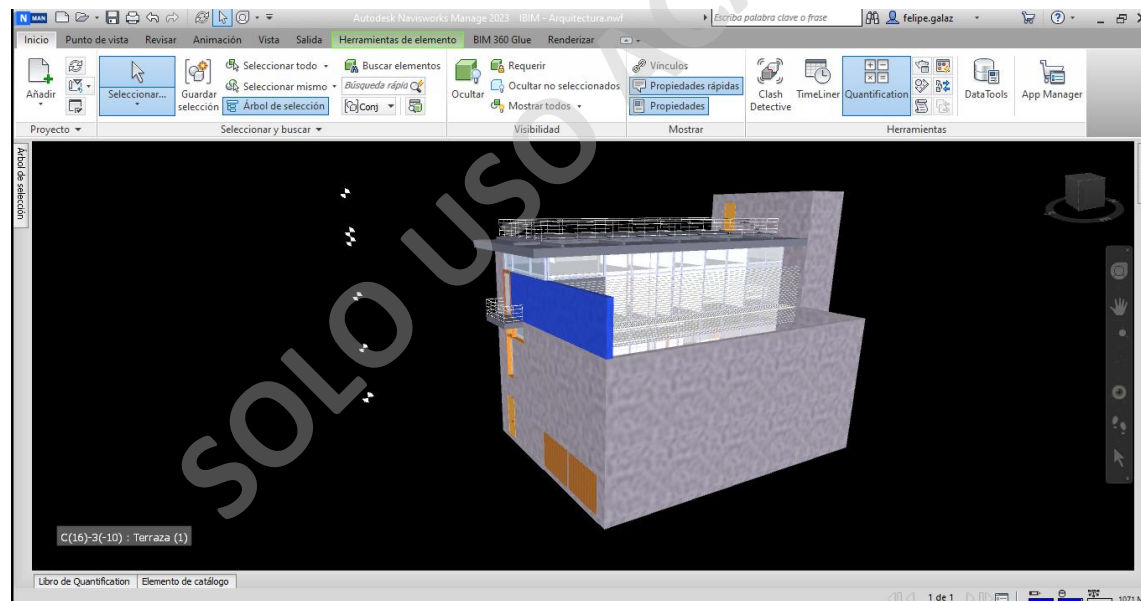


Imagen 12 Importación de Revit a Navisworks

Fuente Imagen: Imagen propia.

Hay un servicio bastante interesante que ayuda a dar al presupuesto un aspecto importante, que es el 'Clash Detective', se trata de una herramienta super importante en la elaboración del modelo, ya que en muchas ocasiones la constructora recibe los planos de las diferentes oficinas y en muchos casos hay errores humanos en el diseño, lo que acarrea, atrasos o en el peor de los casos sobrecostos de obra. Clash Detective "permite identificar, inspeccionar y registrar de forma efectiva las

interferencias (conflictos) de todas las disciplinas de un modelo de proyecto 3D en proceso de diseño.” (Ibim Chile).

Ibim Chile, que es una institución de diplomado en BIM, señala que:

- Si vincula Clash Detective y la animación de objetos podrá comprobar automáticamente las interferencias que se produzcan entre objetos en movimiento. Por ejemplo, si vincula Clash Detective con una animación de la escena, se resaltarán automáticamente los conflictos detectados tanto en objetos estáticos como en objetos en movimiento, por ejemplo, una grúa que gira y topa con la parte alta de un edificio, un carro que choca con un grupo de trabajo, etc.
- Si se vincula Clash Detective y TimeLiner, se podrá comprobar si existen conflictos basados en el tiempo en el proyecto.
- Si se vincula Clash Detective, TimeLiner y la animación de objetos, se podrá comprobar si existen conflictos en programaciones de TimeLiner completamente animadas.
- Esta funcionalidad entrega como beneficios una ayuda a la constructora para tener un presupuesto más preciso, ya que muchas interferencias o conflictos suceden en el progreso de la obra cuando no son gestionados anticipadamente, generando una precarización de los presupuestos.

El método de estudio de Navisworks es muy simple, ya que el programa colisiona los modelos, esto quiere decir que el programa, al colisionar el modelo de arquitectura con la disciplina mecánica, que es el clima, detecta los conflictos de diseño. Si en el caso una conexión del sistema de clima coincide con la estructura, el software consigue identificar esta interferencia y fabrica un informe de donde está la interferencia para que pueda ser modificado en el modelo 3D. Esta función facilita la cubicación, el administrador del proyecto puede tomar decisiones anticipadas, consigue planificar el cambio del diseño y en consecuencia no habría cambios significativos en el presupuesto, como sería el caso de encontrar estas interferencias en medio de la ejecución.

Para profundizar en este punto y comprender mejor el funcionamiento, en la fase de diseño de este proyecto se incorporaron tanto el sistema de climatización como el sistema eléctrico en el modelo de arquitectura. Esto permitió poner a prueba la funcionalidad del software.

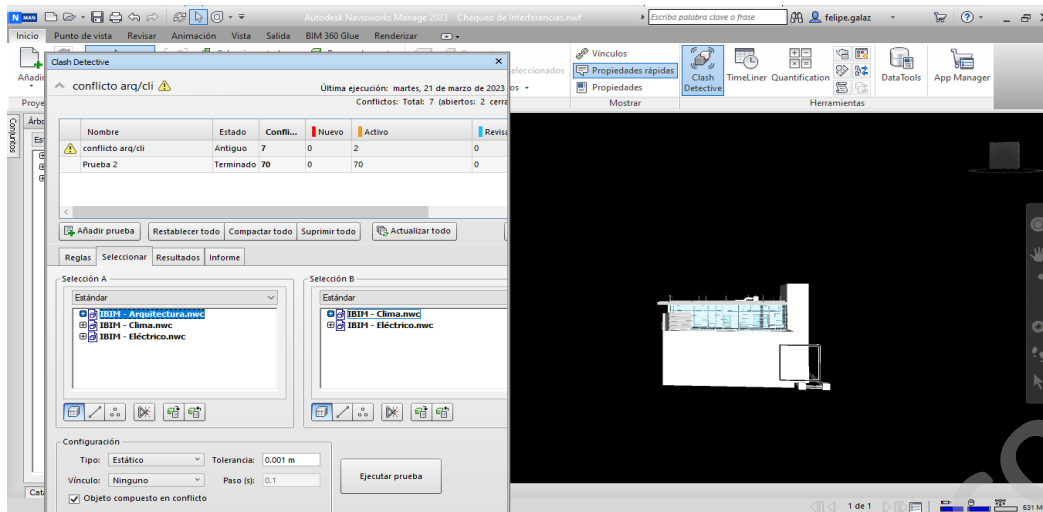


Imagen 13 Colisión de Especialidades

Fuente Imagen: Imagen propia.

Hay que destacar, en esta herramienta, la capacidad de encontrar estos defectos que, usando la metodología tradicional del diseño 2D, los equipos multidisciplinares tardan mucho en encontrar estas problemáticas. Además de este retraso, los presupuestos tienden a tener incertidumbre y falta de credibilidad.

El proceso de realizar este estudio de interferencias tuvo una duración de 2 horas, en relación a días o semanas que daría para resolver esta problemática.



Imagen 14 Interferencia de Canaleta con Muro

Fuente Imagen: Imagen propia.

El segundo y más importante, es la valorización de la cubicación y la planificación.

5D BIM usando Navisworks

La herramienta permite realizar el proceso de cubicación de diseños previamente elaborados por los arquitectos, ingenieros y otros diseñadores, integrando datos de diseño en 2D, 3D y puede combinar varios archivos de origen y consigue generar mediciones de cantidad de todo un modelo de información de construcción (BIM).

Las mediciones son de rápido uso, ya que el flujo de información que viene del modelo indica parámetros de longitud, área, volumen, todas estas variables se ingresan de forma automática y genera las mediciones de forma automáticas, además de esto simula el avance de obra en una grabación, el presupuesto que genera, se puede exportar a Excel para ser analizados y compartirlos con el equipo.

En las siguientes imágenes es posible visualizar lo mencionado en estas afirmaciones, lo interesante del trabajo de investigación que se llevó a cabo para realizar este proyecto de título fue que, una vez que las habilidades se pudieron manejar de manera básica, ya los resultados que se esperaban conseguir fueron fluyendo de manera más rápida con relación al método tradicional de usar diseños en 2D para generar presupuestos de obra.

Imagen del momento que se efectúa las mediciones o como se denomina en el programa “acceso a Cuantificación”

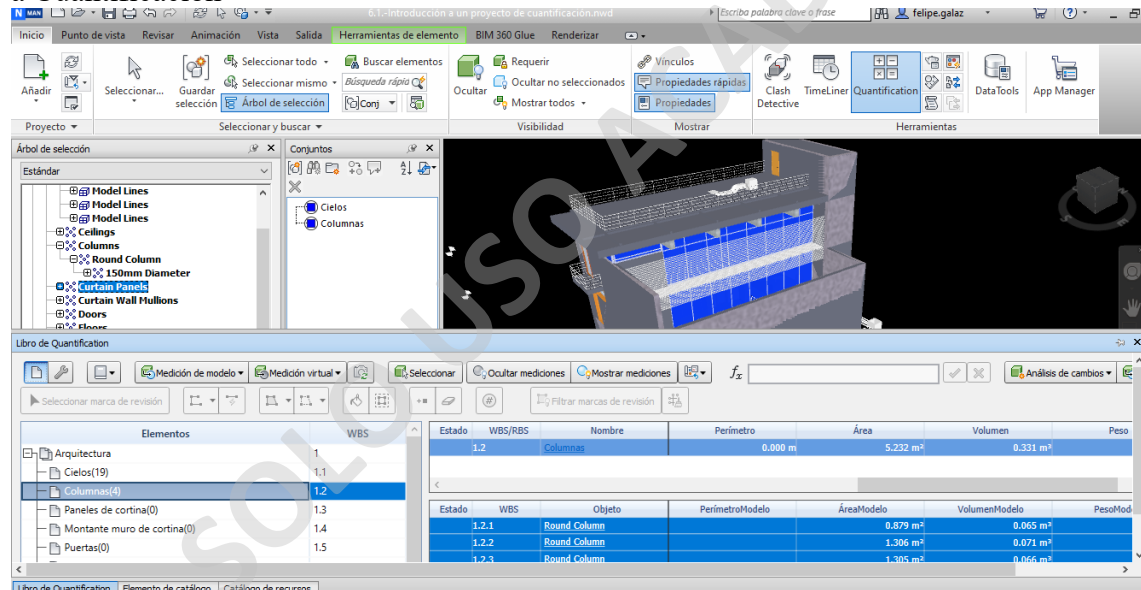


Imagen 15 Cuantificación

Fuente Imagen: Imagen propia.

Posterior a esto se pudo exportar una planilla de Excel, con la cuantificación.

Tabla 3 Planilla de Presupuesto Naviswork

Etiquetas de fila	Longitud	Anchura	Grosor	Altura	Perímetro	Área	Volumen	Peso	Número	CantidadPrimaria
■ CUANTIFICACION GENERAL										
■ CUANTIFICACION ARQUITECTURA										
■ ARTEFACTOS SANITARIOS										
⊕ Lavamanos_B	0	0	0	0	0	2.058845384	0.119156749	0	5	
⊕ Receptaculo_B	0	0	0	0	0	4.65788945	0.320110007	0	5	
⊕ WC_B	0	0	0	0	0	3.976806571	0.297450518	0	4	
⊕ BARANDAS	81.28861246	0	0	0	0	0	0	0	8	
⊕ CIELOS	0	0	0.988	0	313.7944924	290.5210743	15.10709586	0	19	
⊕ CUBIERTA	0	0	1.0711	0	0	166.3292154	66.09949816	0	3	
⊕ ESCALERAS	0	4.2672	0	0	0	0	0	0	4	
⊕ LOSAS	0	0	2.1	0	256.2964427	539.9058625	161.9717587	0	7	
⊕ MUEBLES	8.119275	2.740025	0	2.1062	0	71.82536777	5.088313637	0	19	
⊕ MURO CORTINA	0	74.8318	1.35	76.1464	0	107.9510109	2.698775273	0	54	
⊕ MUROS	353.2103504	14.694	0	267.6144	0	1164.767334	279.1972352	0	74	
⊕ PILARES	25.6032	0	0	0	0	5.231605678	0.33138553	0	4	
⊕ PUERTAS	0	28	1.17	54.94	0	95.1722735	2.467001771	0	26	
⊕ VENTANAS	0	5.3	0	7.52	0	16.9991	0.33772494	0	5	

La planilla que el programa entregó fue una tabla dinámica, donde todas las partidas están dentro de cada grupo.

Tabla 4 Presupuesto

Etiquetas de fila	Longitud	Anchura	Grosor	Altura	Perímetro	Área	Volumen	Peso	Número	CantidadPrimaria
■ CUANTIFICACION GENERAL										
■ CUANTIFICACION ARQUITECTURA										
■ ARTEFACTOS SANITARIOS										
⊕ Lavamanos_B	0	0	0	0	0	2.058845384	0.119156749	0	5	
⊕ Receptaculo_B	0	0	0	0	0	4.65788945	0.320110007	0	5	
⊕ WC_B	0	0	0	0	0	3.976806571	0.297450518	0	4	
■ BARANDAS										
⊕ (en blanco)										
900mm Pipe	81.28861246	0	0	0	0	0	0	0	8	
■ CIELOS										
⊕ (en blanco)										
600 x 600mm grid	0	0	0.988	0	313.7944924	290.5210743	15.10709586	0	19	
■ CUBIERTA										
⊕ (en blanco)										
Generic - 125mm	0	0	0.125	0	0	10.1112066	1.263900825	0	1	
Generic - 400mm	0	0	0.4	0	0	140.1441292	56.05765166	0	1	
Steel Truss - Insulation on Metal Deck - EPDM	0	0	0.5461	0	0	16.07387964	8.777945671	0	1	
■ ESCALERAS										
⊕ (en blanco)										
7" max riser 11" tread	0	4.2672	0	0	0	0	0	0	4	
⊕ LOSAS	0	0	2.1	0	256.2964427	539.9058625	161.9717587	0	7	

Fuente Tabla: Propia.

La experiencia de utilizar un modelo paramétrico resulta fascinante, dado que automatiza todos los procesos que antes requerían trabajo manual. Tareas que solían ser tediosas y demandaban una considerable cantidad de tiempo y análisis manual en el caso de AutoCAD, se ven simplificadas al emplear las herramientas de la metodología BIM. Esto conlleva una reducción de costos en esta etapa, ya que el tiempo que los profesionales invertían en la elaboración de estos estudios representaba un gasto que afectaba la rentabilidad de la constructora. Además, se identifican sobrecostos relacionados con interferencias no resueltas en el estudio de presupuestos. Sin lugar a duda, estos son beneficios que las constructoras pueden apreciar.

3.3.3 Software para 5D, Costos y presupuestos.

Siguiendo la definición de Figueredo, la dimensión 5D está relacionada con la etapa previa, que es la 4D (planificación). En el contexto de BIM, el enfoque de la 5D implica la incorporación de información adicional al modelo, específicamente en lo que respecta a la estimación de costos y la gestión presupuestaria. La tabla a continuación detalla los softwares que fueron objeto de investigación en este proyecto.

Tabla 1 Softwares BIM 5D

SOFTWARES	PLANIFICACIÓN BIM 5D
AUTODESK	NAVISWORKS MANAGE
BENTLEY SYSTEMS	CONSTRUCTSIM
NEMETSCHEK	NEVARIS
TRIMBLE	VICO OFFICE
ARKTEC	GEST MIDEPLAN
rib software	Itwo
rib software	COST-IT
BECK TECHNOLOGY	TIN I ESTIMATOR
BIM Iberica	MEDIT
INNOVAYA	INNOVAYA ESTIMATING
microsoft	EXCEL
ITEC	TCQ 2000 BIM
ACCA SOFTWARE	PRIMUS IFC

Fuente Tabla: Propia.

3.4 Potencial que tiene la metodología BIM en los presupuestos de obra.

El software que este proyecto tuvo alcance para desarrollar y visualizar el modelo, entender como funciona el 4D y posteriormente 5D, fue Navisworks, sin embargo, como lo muestra la tabla, existen otros softwares, como “Presto Cost- IT, de la empresa RIB Software, que al exportar los datos “se puede observar la sincronización entre Revit y Presto. Si se selecciona una partida en Presto, automaticamente se visualiza en Revit, es decir se puede identificar cada elemento que se tiene en Revit en Presto” (VALLADE).

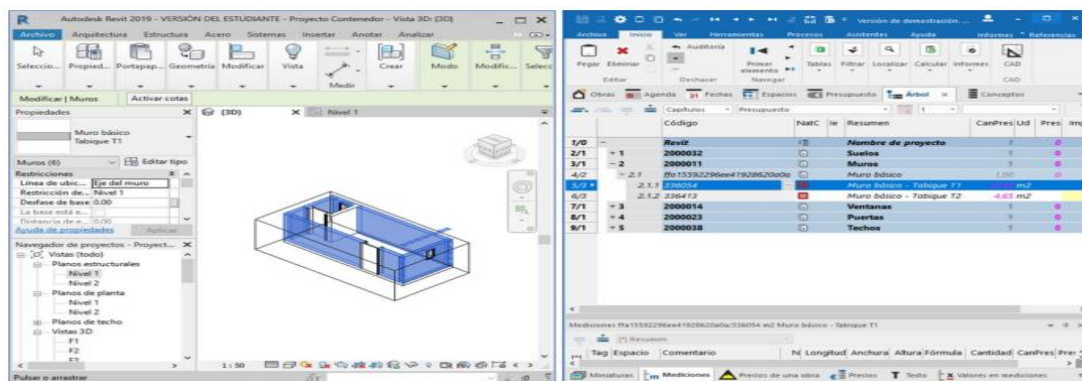


Imagen 16 Presupuesto con Presto

Fuente imagen: (VALLADE).

El potencial que este proyecto identificó, después de todo el proceso de investigación fue:

- Precisión y detalle: con un modelo paramétrico, existe más detalles que se puede observar, lo que traduce en presupuestos más precisos y detallados
- Integración de la información, para determinar costos
- Visualización al ser un modelo 3D, con alta resolución
- Si existe interferencias, se pueden solucionar en el modelo, anticipándose a sobrecostos de obras
- Capacita al equipo y los hace más eficientes, ordenados.

3.5 Implementación de metodología BIM para la creación de presupuestos en las constructoras.

Este proyecto recomienda la incorporación de la metodología BIM en el proceso de elaboración de presupuestos en la constructora. Esta metodología surge como una solución a los desafíos que enfrentan las constructoras al gestionar proyectos, donde se observa una devaluación de las ganancias y una pérdida de valor en los presupuestos. Los parámetros de "Costo, Plazo, Calidad y Prevención de riesgos" son de suma importancia para la constructora, y el incumplimiento de estos parámetros previamente establecidos genera incertidumbre en el desarrollo del proyecto en sí.

Actualmente hay constructoras que quieren realizar estos cambios, pero implementarlos resulta ser un trabajo frustrante y costoso, que puede tener una reacción contraria al objetivo, por esto se ha creado una serie de conductas como recomendación para integrar la metodología BIM para esta fase del proyecto.

Para el desarrollo de las siguientes secciones de la metodología de este proyecto fue contratado el curso online "Generación de presupuestos a partir de modelos BIM con Presto" de la empresa iBIM, con base a lo aprendido en estos cursos fue realizado el desarrollo de los pasos recomendados para implementar la metodología BIM para presupuestos en la construcción.

3.5.1 Crea conciencia y compromiso en la alta dirección

Crear conciencia y compromiso en la alta dirección sobre los beneficios de BIM es un proceso importante para lograr una implementación exitosa de esta metodología en una empresa de construcción. Se sugiere los siguientes pasos a fin de iniciar con el proceso de implementación:

- Preparar una presentación que destaque los beneficios claves de BIM, como la reducción de costos, reducción de errores y retrabajos, la mejora de la eficiencia, y la optimización del ciclo de vida del proyecto. Asegúrate de cuantificar estos beneficios siempre que sea posible para respaldar tu argumento.
- Mostrar ejemplos de empresas de construcción que han tenido éxito con la implementación de BIM. Esto puede ayudar a ilustrar cómo BIM ha impactado positivamente en otras organizaciones y puede servir de inspiración.
- Realizar una demostración práctica de cómo BIM funciona en la práctica. Se pueden utilizar un proyecto piloto para mostrar cómo BIM puede mejorar la colaboración, el diseño, la planificación y la gestión de costos.
- Destacar cómo BIM puede influir en los resultados financieros de la empresa y cómo puede ayudar a reducir costos, minimizar riesgos y aumentar la rentabilidad a lo largo del ciclo de vida de un proyecto.
- Informar a la alta dirección sobre las tendencias actuales de la industria de la construcción, explícales que BIM se está convirtiendo en un estándar en la industria y que no adoptarlo podría poner en riesgo la competitividad de la empresa a largo plazo.
- Presentar un plan de implementación claro y detallado que muestre cómo se llevará a cabo la transición a BIM, esto debería incluir una hoja de ruta, recursos necesarios y un cronograma estimado.
- Animar a la alta dirección a participar activamente en el proceso de implementación de BIM y a promover una cultura de colaboración y aprendizaje continuo en toda la organización.
- Proporcionar métricas y KPIs (Indicadores Clave de Desempeño) que permitan medir el progreso y los beneficios a medida que se implementa BIM, esto ayudará a demostrar de manera concreta cómo BIM está teniendo un impacto positivo en la empresa.
- Esté preparado para responder preguntas y abordar las preocupaciones que puedan surgir, la alta dirección puede tener inquietudes sobre costos iniciales, tiempo de aprendizaje o riesgos. Prepárate para responder a estas preocupaciones de manera efectiva.
- Buscar aliados dentro de la organización que respalden la implementación de BIM y que puedan ayudar a convencer a la alta dirección.
- Considerar la posibilidad de una implementación gradual de BIM, en lugar de un cambio completo y abrupto. Esto puede reducir el riesgo y permitir que la empresa se adapte de manera más efectiva.

3.5.2 La importancia de la capacitación:

Después de obtener el apoyo de la alta dirección es tiempo de designar a un equipo BIM o al menos a una persona responsable de la implementación y ofrecer capacitación a este equipo. La capacitación empresarial en la implementación de BIM es esencial para que las empresas de construcción puedan aprovechar al máximo esta metodología en la realización de sus presupuestos. A continuación, se entrega una lista de empresas y organizaciones que ofrecen servicios de capacitación empresarial en BIM:

- Autodesk: Una de las principales empresas de software BIM, ofrece una variedad de cursos de capacitación en línea y presenciales sobre sus productos BIM, como Revit y AutoCAD Civil 3D.
- BIM Global Solutions: Ofrece capacitación en BIM, consultoría y servicios de implementación. Proporcionan programas de capacitación personalizados según las necesidades de las empresas.
- Trimble: Ofrece capacitación en software BIM como SketchUp y Tekla, así como servicios de consultoría en BIM para la industria de la construcción.
- LinkedIn Learning: Ofrece una amplia gama de cursos en línea sobre BIM y softwares relacionados.
- Bentley Systems: Ofrece programas de capacitación en BIM y servicios de consultoría a empresas que utilizan sus productos BIM, como MicroStation y AECOSim Building Designer.
- Global eTraining: Esta empresa ofrece cursos en línea interactivos sobre BIM, CAD y otros temas relacionados con la construcción.
- CADD Microsystems: CADD Microsystems proporciona capacitación en BIM, consultoría y servicios de implementación para empresas que trabajan con soluciones de Autodesk y Bluebeam.
- BIM Academy: La BIM Academy ofrece cursos de capacitación en BIM, así como servicios de consultoría y soporte para la implementación de BIM en empresas de construcción.
- New Horizons Computer Learning Centers: New Horizons ofrece capacitación en una variedad de tecnologías, incluyendo BIM, y tiene centros de capacitación en todo el mundo.
- Local Universidades y Escuelas Técnicas: Muchas universidades y escuelas técnicas ofrecen programas de capacitación en BIM. A menudo, estas instituciones colaboran con la industria para proporcionar capacitación relevante.
- Plataformas en Línea: Plataformas en línea como Udemy ofrecen una variedad de cursos sobre BIM, algunos de los cuales son proporcionados por universidades e instituciones reconocidas.
- Es importante investigar y comparar las opciones de capacitación disponibles para determinar cuál se adapta mejor a las necesidades de tu empresa. Además, ten en cuenta que la capacitación es solo una parte del proceso de implementación de BIM, la consultoría y la asesoría específica también pueden ser necesarias para una transición exitosa.

3.5.3 Objetivos específicos

Junto al proceso de capacitación es importante identificar cuáles son los objetivos específicos para la implementación de BIM en la generación de presupuestos, estos pueden variar según las necesidades y metas particulares de cada empresa de construcción. Sin embargo, a continuación, se presentan algunos objetivos comunes que podrían considerarse al implementar BIM en la gestión de presupuestos:

- Mejorar la precisión de los presupuestos: Reducir errores y omisiones en los cálculos de costos al aprovechar la información detallada y precisa proporcionada por modelos BIM.

- Aumentar la eficiencia en la elaboración de presupuestos: Agilizar el proceso de creación de presupuestos al automatizar tareas repetitivas y cálculos complejos, lo que ahorra tiempo y recursos.
- Facilitar la gestión de cambios: Permitir una rápida adaptación de los presupuestos ante cambios en el diseño o en las condiciones del proyecto, minimizando los impactos en costos y plazos.
- Optimizar la comunicación y colaboración: Fomentar una colaboración más efectiva entre los diferentes equipos involucrados en un proyecto al utilizar modelos BIM compartidos que mejoran la comunicación y la toma de decisiones.
- Mejorar la visibilidad de los costos: Facilitar un seguimiento más preciso de los costos durante todas las etapas del proyecto, lo que ayuda a mantener el control financiero.
- Alinear los presupuestos con el diseño: Asegurarse de que los presupuestos reflejen fielmente el diseño del proyecto y sus especificaciones, evitando discrepancias y sorpresas en el costo real.
- Reducir los sobrecostos: Minimizar los sobrecostos y desviaciones en los presupuestos, lo que contribuye a una gestión financiera más efectiva y a la rentabilidad del proyecto.
- Facilitar la evaluación de alternativas: Permitir una comparación más rápida y precisa de diferentes opciones de diseño y materiales en función de su impacto en los costos.
- Promover la sostenibilidad: Integrar consideraciones de sostenibilidad en la elaboración de presupuestos, lo que puede incluir análisis de eficiencia energética y materiales sostenibles.
- Cumplir con estándares y regulaciones: Asegurarse de que los presupuestos cumplan con estándares y regulaciones específicas de la industria y del país en el que opera la empresa.
- Capacitar al personal en BIM: Proporcionar la formación necesaria a los empleados para que puedan utilizar eficazmente las herramientas BIM en la generación de presupuestos.
- Mejorar la competitividad: Utilizar la implementación de BIM como un factor diferenciador que mejore la competitividad de la empresa en el mercado de la construcción.

Es fundamental que los objetivos específicos se adapten a la situación y las metas de la empresa. Además, es importante establecer indicadores de éxito y un plan claro para la implementación de BIM en la generación de presupuestos que permita medir el progreso hacia la consecución de estos objetivos. (GUEVARA).

3.5.4 Adquisición de licencias BIM

La adquisición de licencias de software BIM se realiza a través de los proveedores autorizados. Dependiendo del software elegido, es posible que debas ponerte en contacto con el proveedor o distribuidor local y solicitar un presupuesto. Es importante considerar cuántas licencias se necesitan para cubrir a todos los usuarios relevantes. Asegúrate de que las licencias adquiridas sean legales y estén debidamente registradas a nombre de la empresa.

En Chile, puedes encontrar varios proveedores autorizados de soluciones BIM. A continuación, se detalla tres de ellos:

- Autodesk: es un importante proveedor de software BIM que ofrece soluciones ampliamente utilizadas en la industria de la construcción, como AutoCAD, Revit, y Navisworks. Autodesk suele contar con distribuidores y socios autorizados en Chile que pueden ofrecer licencias y servicios de formación y soporte.

- Trimble: proveedor líder en soluciones BIM y tecnologías relacionadas con la construcción. Ofrecen una variedad de herramientas, incluyendo SketchUp, Tekla Structures, y Vico Office. Trimble trabaja con distribuidores y socios autorizados en todo el mundo, incluyendo Chile.
- Graphisoft: es conocido por su software ArchiCAD, una solución BIM popular entre arquitectos y diseñadores. Tienen una presencia global y podrías encontrar distribuidores o representantes en Chile que ofrecen sus productos y servicios.
- Es importante comunicarse directamente con estos proveedores o buscar distribuidores autorizados en Chile para obtener información sobre licencias, formación y soporte técnico relacionados con las soluciones BIM que ofrecen. Ten en cuenta que la disponibilidad y la oferta de estos proveedores pueden cambiar con el tiempo, por lo que es recomendable verificar sus sitios web y comunicarse directamente con ellos para obtener la información más actualizada.

3.5.5 Proyecto Piloto:

Comenzar un proyecto piloto de implementación de BIM para la generación de presupuestos en una empresa constructora es un paso significativo. Aquí hay una guía detallada de lo que se debe tener en cuenta al iniciar un proyecto piloto de BIM:

- Establecer objetivos claros: Define claramente los objetivos que deseas lograr con el proyecto piloto. ¿Es reducir los errores de presupuesto, acelerar el proceso de generación de presupuestos, mejorar la precisión, o todo lo anterior?
- Equipo de proyecto: Designa un equipo interdisciplinario que incluya expertos en BIM, personal de presupuestos, gerentes de proyectos y otros profesionales clave. Este equipo supervisará y ejecutará el proyecto piloto.
- Selección de proyectos: Selecciona proyectos adecuados para el piloto. Inicialmente, elige proyectos de tamaño mediano o pequeño que no sean extremadamente complejos. Esto facilitará la transición.
- Software y herramientas: Selecciona el software BIM adecuado y las herramientas de presupuesto. Asegúrate de que sean compatibles y que el personal esté capacitado para utilizarlos.
- Planificación y programación: Desarrolla un plan de proyecto que incluya una línea de tiempo clara con hitos y tareas específicas. Define roles y responsabilidades.
- Formación: Proporciona formación BIM a tu equipo si es necesario. Asegúrate de que todos comprendan cómo trabajar con la metodología BIM.

3.5.6 Integración de Costos:

- La integración de los costos directos de obra con las estimaciones de recursos y otros costos asociados, así como la gestión de los datos de presupuesto, es fundamental para una gestión eficaz de proyectos de construcción. Aquí tienes una guía de cómo lograrlo:
- Estimación de Costos Directos de Obra: Comienza por estimar los costos directos de obra, que incluyen materiales, mano de obra, equipos y otros recursos necesarios para la

ejecución del proyecto. Utiliza software de estimación de costos o herramientas de gestión de proyectos para realizar estas estimaciones.

- Desglosa los costos directos en categorías específicas, como estructura, instalaciones eléctricas, fontanería, acabados, entre otros.
- Incorpora las Estimaciones al Modelo BIM: Utiliza software BIM como Revit, ArchiCAD o AutoCAD Civil 3D para incorporar las estimaciones de costos directos en el modelo 3D. Asigna a cada componente del modelo la información de costo correspondiente.
- Estimación de Otros Costos Asociados: Además de los costos directos, debes estimar otros costos asociados al proyecto, como gastos generales, utilidades, impuestos, seguros y cualquier otro costo no incluido en los costos directos.
- Integración de Datos en Software BIM: Utiliza las capacidades de integración de datos del software BIM para incorporar los costos directos, los costos asociados y las estimaciones de recursos directamente en el modelo. Esto puede incluir la asignación de atributos y etiquetas a los elementos del modelo.
- Herramientas de Software BIM: Utiliza las herramientas de software BIM que permiten gestionar los datos de presupuesto, como Navisworks, CostX, Assemble, Trimble, o herramientas similares. Estos programas están diseñados específicamente para gestionar y analizar los datos de costos en proyectos BIM.
- Generación de Presupuesto y Programación: Utiliza el software para generar el presupuesto del proyecto. Esto incluye la generación de listas de materiales, cálculo de costos y creación de cronogramas detallados.
- Actualización Continua: A medida que se realizan cambios en el modelo BIM o surgen nuevas estimaciones de recursos, asegúrate de que el software BIM actualice automáticamente los datos de presupuesto.
- Control y Seguimiento: Utiliza el software BIM para controlar y dar seguimiento a los costos a lo largo del proyecto. Esto incluye la comparación de los costos reales con el presupuesto, la detección de desviaciones y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.
- Informes y Documentación: Genera informes y documentación detallada sobre los costos y presupuestos del proyecto utilizando las capacidades de informes del software BIM.
- Capacitación del Personal: Asegúrate de que tu equipo esté capacitado en el uso de las herramientas de software BIM y en la gestión de costos. La capacitación es fundamental para una implementación exitosa.
- La integración de costos directos de obra con estimaciones de recursos y otros costos asociados en un entorno BIM, respaldada por herramientas de software específicas, permite una gestión más precisa y eficiente de los presupuestos en proyectos de construcción.

RESULTADOS

4.1 Impacto de la Implementación de BIM en la Generación de Presupuestos

4.1.1 Mejora en la Precisión de los Presupuestos

Se observó una mejora significativa en la precisión de los presupuestos generados utilizando la metodología BIM en comparación con los enfoques tradicionales. Esto se evidenció en la reducción de desviaciones entre los costos estimados y los costos reales en proyectos piloto.

4.1.2 Reducción de Errores y Omisiones

La utilización de modelos BIM permitió identificar y corregir errores y omisiones en las estimaciones de costos, lo que contribuyó a evitar costosos cambios posteriores en la ejecución del proyecto.

4.2 Integración de Flujos de Trabajo BIM y Generación de Presupuestos

4.2.1 Desarrollo de Estándares y Protocolos Internos

Se establecieron estándares y protocolos internos para el uso de BIM en la generación de presupuestos. Estos documentos proporcionaron una guía coherente para todo el equipo y garantizaron la consistencia en la aplicación de la metodología.

4.2.2 Capacitación y Desarrollo del Equipo

Se implementó un programa de capacitación que abarcaba tanto a los empleados existentes como a los nuevos contratados. Se observó un aumento en la competencia del equipo en el uso de software BIM y en la colaboración interdisciplinaria.

4.3. Herramientas y Software BIM Utilizados en la Generación de Presupuestos

4.3.1 Uso de Software Específico

Se utilizó una combinación de software BIM, como Autodesk Revit y Navisworks, para crear modelos de construcción virtuales y gestionar la información relacionada con los costos.

4.3.2 Utilización de Clash Detection y Cuantificación Automatizada

El uso de herramientas de Clash Detection permitió la detección temprana de interferencias y conflictos en el modelo, lo que llevó a una reducción significativa en costos de corrección. La cuantificación automática de materiales también mejoró la eficiencia en la generación de presupuestos.

4.4 Evaluación de la Eficiencia y el Impacto Económico

4.4.1 Ahorros en Costos de Proyectos Piloto

Se registraron ahorros significativos en los costos de proyectos piloto como resultado de la implementación de BIM. Estos ahorros se atribuyeron a la precisión en la estimación de costos, la detección de interferencias y la reducción de cambios en el sitio de construcción.

4.4.2 Reducción de Tiempos de Generación de Presupuestos

La generación de presupuestos se realizó de manera más eficiente, lo que resultó en una reducción del tiempo necesario para completar esta fase del proyecto.

4.5 Desafíos y Lecciones Aprendidas

4.5.1 Desafíos Iniciales en la Adopción de BIM

Se identificaron desafíos iniciales relacionados con la adaptación del personal y la resistencia al cambio. Estos desafíos se superaron con la capacitación y la comunicación efectiva.

4.5.2 Importancia de la Comunicación Interdisciplinaria

Se destacó la importancia de la comunicación y colaboración efectiva entre los equipos de diseño, ingeniería y construcción para el éxito de la implementación de BIM.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Uno de los beneficios en usar metodología BIM para elaborar presupuestos, es la integración de distintos softwares que ayudan a realizar este trabajo de forma automática, como lo es Presto Cost-it, que “trabaja de manera bidireccional, permitiendo una actualización de la información en ambos sentidos y sincronizando el modelo con el presupuesto de forma automática. Tiene funcionalidad específica, tales como colorear el elemento de Revit a partir de colores asignados, en Presto al estado del presupuesto, a las actividades o a las líneas de medición” (Editeca, 2021).

El impacto que la constructora aprecia es de cambios que van desde la estructura organizacional a conductas organizacionales, Guevara declara que en primera instancia la organización necesitará en sus filas un Manager BIM, que tendrá un cargo de de gerenciamiento y que pueda elaborar un modelo paramétrico fiable y además la constructora podría necesitar la contratación de profesionales altamente capacitados, para la integración (GUEVARA).

Otro aspecto que considera Guevara para la implementación de un Manager que influenciará a la estructura de la organización según lo muestra en el siguiente organigrama.

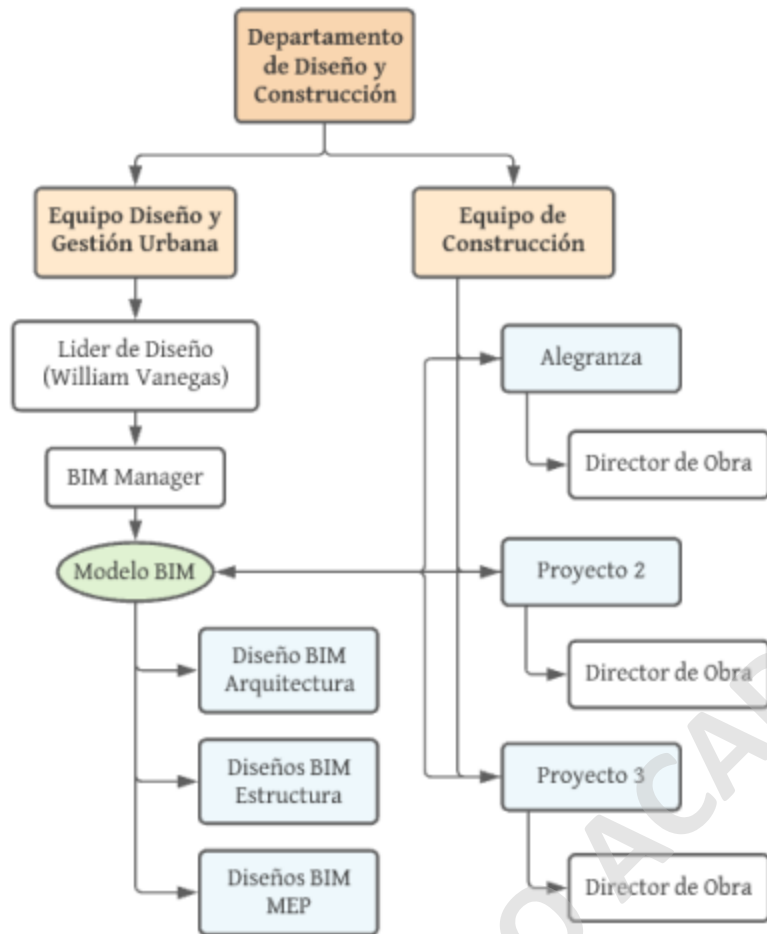


Imagen 17 Organigrama con BIM

Fuente imagen: (GUEVARA)

Corresponde a los siguientes a los capítulos del Proyecto de Título y deben abarcar cada una de los aspectos y áreas de conocimiento y habilidades a desarrollar. Las divisiones por capítulo deben hacerse de acuerdo con los temas y subtemas que identifique el proyecto.

Mejora en la Precisión de los Presupuestos

Los estudios muestran que en la etapa de presupuestos usando BIM en el inicio, acondiciona tener buenos resultados en la etapa de ejecución, las constructoras pueden obtener este beneficio siguiendo los estudios realizados, como lo menciona Ávila citado por la “Revista Boletim do Gerenciamiento” Cuanto más avanzadas están los proyectos de construcción, menor es la influencia de la anticipación, de los problemas en faena, ya que por la experiencia, algunas fallas e incompatibilidades serán detectadas solamente durante la ejecución” (Karoline Figueredo).

Figura 1 – Influência das etapas de projeto no seu custo final.

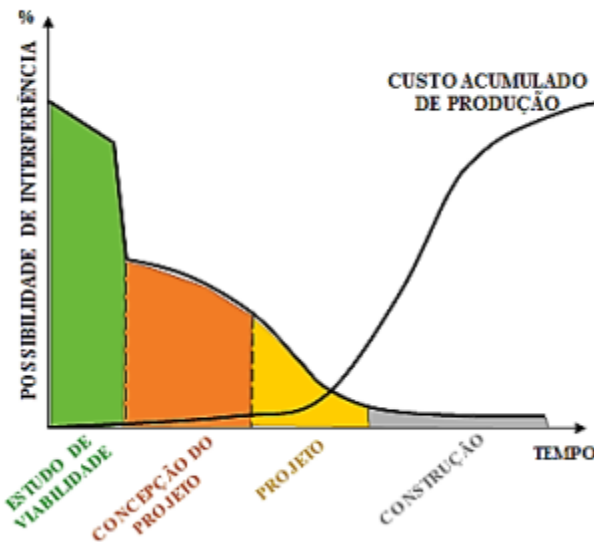


Imagen 18 Curva de Costos con BIM

Fuente imagen: (Karoline Figueredo)

Las constructoras, en el trabajo rutinario, pueden no percibir estos beneficios al estar familiarizado a la metodología tradicional, pero lo que muestra el grafico es que precisamente, al gestionar los trabajos en la etapa de presupuesto, permite tener un proyecto con mayor gobernanza, las empresas constructoras podrían generar mayores utilidades, por tener mayor control de las problemáticas que se presentan en medio del proyecto adonde no se pueden tomar buenas decisiones, por enfrentar problemáticas que aparecen en el momento, pero que pudo evitarse al momento del diseño.

Otro asunto de discusión que este proyecto pudo visualizar en medio de la investigación es la rapidez que hay al generar presupuestos y costos directos de obra. Los presupuestos no necesitan semanas para realizar estudios detallados de interferencias y detalles que pueden olvidarse, por el mecanismo manual que existe usando metodología de AutoCAD.

Este proyecto utilizó el software Navisworks y la experiencia, consistió en aprender las funciones básicas del programa, al tener el modelo de 3D, que se realizó en un curso en la institución iBIM, Chile que se realizó, para dar cuerpo a esta investigación. Al momento de utilizar las herramientas, el presupuesto se generó durante el día que se inició este proceso, las interferencias se arreglaron en Revit y el programa pudo cuantificar de forma automáticas la geometría, el material.

Sim embargo este proyecto recomienda otros softwares que entregan presupuestos y cronogramas, como lo es “Presto Cost-it”, que permite crear presupuestos detallados donde sus principales características son:

- Genera presupuestos detallados, que se generan de forma automática, sistemática de como debe ser el andamio de la obra
- Exporta las especificaciones técnicas del proyecto, entre otra. (Editeca, 2021)

- Otro aspecto que se menciona en este proyecto, son los desafíos iniciales que la organización tendría al implementar BIM, en los presupuestos, es que existen varios escenarios, para la implementación del 5D, una constructora, puede contar con alguna fase de la implementación, por ejemplo, existen constructoras que ya implementaron Revit/ Arquitectura, MEP. Y que trabajan con otros softwares similares, que se pueden importar por IFC, por ejemplo, pero que no han integrado los costos y realizan este trabajo de forma manual. Puede que este tipo de Constructora no tenga el impacto que tendría una constructora que empieza desde el modelo de 2D para generar presupuestos.

La constructora que tiene esta condición, tendría que tener una inversión mas alta, por tener que integrar, una nueva forma de trabajar, adonde compartir información es clave, además de tener un profesional que se integra al equipo de trabajo, que no conoce como se realizan los procesos, además de capacitar al equipo que es más económico, como lo menciona la profesora Marta Ulloa en la conferencia “Pilares para la implementación BIM en oficinas de Arquitectura” de la profesora Marta Baeza Ulloa (Arquitecta- Master BIM Management)

CONCLUSIONES

La implementación de la metodología BIM en la generación de presupuestos para constructoras conlleva una serie de beneficios significativos. Si bien no se basa en una investigación específica, los beneficios generales se pueden resumir de la siguiente manera:

Mejora de la Precisión en los Presupuestos: La generación de presupuestos utilizando BIM permite una mayor precisión al tener en cuenta todos los detalles del proyecto en un modelo 3D. Esto reduce las estimaciones erróneas y los cambios costosos en las etapas posteriores.

Reducción de Errores y Omisiones: Los modelos BIM ayudan a identificar errores y omisiones en las estimaciones de costos, lo que reduce los costos y los retrasos relacionados con correcciones posteriores.

Ahorro de Tiempo y Recursos: La automatización de la cuantificación de materiales y recursos agiliza el proceso de generación de presupuestos, lo que ahorra tiempo y recursos para la empresa constructora.

Detección Temprana de Interferencias y Conflictos: La metodología BIM permite la detección temprana de interferencias y conflictos en el modelo, lo que evita costosos cambios y retrasos en el sitio de construcción.

Mayor Colaboración Interdisciplinaria: BIM promueve la colaboración efectiva entre equipos de diseño, ingeniería y construcción al permitir la visualización y el análisis compartido del modelo, lo que mejora la toma de decisiones.

Reducción de Costos en Proyectos Piloto: La implementación de BIM ha demostrado resultar en ahorros significativos en costos en proyectos piloto, lo que aumenta la rentabilidad de la empresa constructora.

Cumplimiento de Regulaciones y Estándares: BIM facilita el cumplimiento de regulaciones y estándares de la industria de la construcción al generar automáticamente documentación precisa.

Mayor Transparencia y Comunicación: La metodología BIM promueve una mayor transparencia y comunicación tanto internamente como con los clientes y otras partes interesadas.

Optimización de Recursos y Costos Directos de Obra: La gestión integral de la información permite una mejor optimización de recursos y costos directos de obra.

En resumen, la implementación de BIM en la generación de presupuestos para constructoras puede conducir a una mayor eficiencia, reducción de costos y mejora en la calidad de los proyectos. Sin embargo, es esencial que la empresa constructora se comprometa a capacitar a su personal, establecer estándares internos y superar los desafíos iniciales para aprovechar al máximo los beneficios de esta metodología.

RECOMENDACIONES

Para continuar investigando sobre la implementación de BIM en la generación de presupuestos para empresas constructoras, se pueden considerar las siguientes recomendaciones de investigación:

- **Entrenamiento y Capacitación:** Investigar la efectividad de programas de capacitación y entrenamiento en BIM para equipos de empresas constructoras. ¿Cuáles son las mejores prácticas en la capacitación de personal?
- **Impacto en la Sostenibilidad:** Evaluar en profundidad el impacto de la implementación de BIM en la sostenibilidad de proyectos de construcción. ¿Cómo se pueden cuantificar y maximizar los beneficios ambientales?
- **Evaluación de Indicadores de Éxito:** Investigar la definición y medición de indicadores de éxito en la implementación de BIM. ¿Cuáles son los indicadores clave que demuestran el impacto positivo en los proyectos y en el negocio de la construcción?
- **Integración de Datos y Analítica:** Investigar cómo la integración de BIM con analítica y análisis de datos puede mejorar la generación de presupuestos y la toma de decisiones en proyectos de construcción.
- **Tendencias Futuras:** Mantenerse al tanto de las tendencias emergentes en la industria de la construcción relacionadas con BIM, como la realidad aumentada, la inteligencia artificial y la ciberseguridad.
- Estas recomendaciones de investigación pueden brindar una base sólida para continuar explorando y ampliando el conocimiento sobre la implementación de BIM en la generación de presupuestos para empresas constructoras. Además, permiten abordar áreas específicas de interés y relevancia en esta área en constante evolución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autodesk. (13 de Mayo de 2023). *Requisitos Para productos Revit*. Obtenido de Autodesk Support: www.autodesk.com
- Capeco. (Octubre de 2003). *"Costos y Presupuestos de Edificación en edificación"*. Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpb25zdHJ1Y2Npb25tb2R1bG8wNnMxMHxneDozMmY2YmVIMjA1ZThhOTEy>
- Chile, I. (s.f.). *Navisworks*. Santiago: Certiport.
- Corfo. (22 de Marzo de 2022). *Meta Plan BIM 2025*. Obtenido de Plan BIM: <https://planbim.cl/meta-planbim-al-2025/>
- Desarrollo, B. I. (enero de 2021). *Encuesta BIM*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/encuesta-bim-america-latina-y-el-caribe-2020>
- Editeca. (27 de Septiembre de 2021). *Escuela de Formación online de Diseño, Ingeniería, Nuevas Tecnologías y Arquitectura*. Obtenido de Editeca: <https://editeca.com/como-presupuestar-en-metodologia-bim/#Cost-it>
- GUEVARA, A. M. (s.f.). Ingeniero Civil y Ambiental. *Consultoría – Plan de implementación BIM para la empresa*. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Ibañez, U. A. (08 de JUNIO de 2023). *Indicador Mensual de Confianza Empresarial*. Obtenido de IMCE: https://www.icare.cl/assets/uploads/2023/07/imce_jun2023.pdf
- Institute, P. M. (08 de Julio de 2023). *PMI Latam*. Obtenido de PMI: <https://www.pmi.org/america-latina/>
- Karoline Figueredo, D. P. (s.f.). Revista Boletim do Gerenciamento. *O impacto da metodologia BIM na elaboração de orçamentos em projetos de Obras civis*. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Lodoño, A. (s.f.). Proyecto de Grado. *Consultoría – Plan de implementación BIM para la empresa*. Universidad de Los Andes, Bogotá.
- Londoño, A. (2021). Consultoría – Plan de implementación BIM para la empresa. *Proyecto de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería*. Universidad de los Andes, Bogotá.
- Madrid, E. d. (Octubre de 2018). *Que tipo de ordenador es necesario para utilizar BIM y Revit?* Obtenido de Esdima: <https://xn-master-diseo-khb.com/que-tipo-de-ordenador-es-necesario-para-utilizar-bim-y-revit/>

profession, P. P. (10 de Octubre de 2018). *Ampliación del panorama de entrega*. Obtenido de Project Management Institute: https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018.pdf?sc_lang_temp=es-ES

Prominas, G. (2023). *Gestão de Projetos, Qualidade e em Obras de Engenharia*. Minas Gerais: GRUPO PROMINAS DE EDUCAÇÃO.

Tagle, M. R. (10 de febrero de 2023). *Diario Financiero*. Obtenido de <https://www.df.cl/opinion/columnistas/marcela-ruiz-tagle/sector-construccion-la-productividad-al-debe#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%20representa%20alrededor%20del,privada%20en%20vivienda%20e%20infraestructura>.

iBIM, (iBIM. (Año desconocido). Generación de Presupuestos a partir de Modelos BIM con Presto, QEx, BIMvision. Obtenido de <https://ibim.cl/cursos/generacion-de-presupuestos-a-partir-de-modelos-bim-con-presto-qex-bimvision/>

VALLADE, M. I. (s.f.). INGENIERO CIVIL. *ESTUDIO DE LA METODOLOGIA BIM EN LA GESTION DE*. UNIVERSIDAD DE CHILE, Santiago.