



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

**ESTUDIO DE LA METODOLOGIA BIM EN LA GESTION DE
CONSTRUCCION Y APLICACIÓN DEMOSTRATIVA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

MARIA INES TABILO VALLADE

PROFESOR GUIA:
DAVID CAMPUSANO BROWN

MIEMBROS DE LA COMISION:
RICARDO ROJAS PIZARRO
JORGE PULGAR ALLENDES

SANTIAGO DE CHILE

2019

ESTUDIO DE LA METODOLOGIA BIM EN LA GESTION DE CONSTRUCCION Y APLICACIÓN DEMOSTRATIVA

BIM (Building Information Modelling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.

Es una metodología de trabajo que centraliza toda la información relacionada al diseño, la construcción y operación, es decir, donde antes la información de los proyectos se encontraba en una gran cantidad de planos en 2D, especificaciones técnicas, la cual estaba repartida entre los distintos actores del proceso completo (diseño, construcción y operación) sin que hubiera una vinculación directa entre las partes, ahora estará centralizada en una sola base de datos digital accesible a todos y actualizada en tiempo real.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un estudio para aplicar la metodología BIM en la gestión de construcción de un edificio residencial en altura. Se entiende por gestión de construcción todos los procesos necesarios para cumplir con los objetivos relacionados con la programación, calidad, seguridad y costos de una obra de edificación.

La metodología BIM parte de un modelo de representación 3D a nivel de diseño, al que se le puede incorporar toda la información complementaria, como son todas las especialidades que se quiera: especificaciones técnicas, materiales a utilizar y sus características, análisis de costos y tiempos, métodos constructivos y todo lo que se considere conveniente para su materialización y posterior operación.

Este modelo cargado de información permitirá realizar todas las operaciones necesarias para la gestión: presupuestos de costo, programas de tiempo, listas de materiales, cantidades de HH, para posteriormente ir comparando los avances reales con lo proyectado inicialmente.

En la etapa de desarrollo de la fase de inversión permitiría optimizar los recursos, simulando desde el inicio todo el proceso constructivo y hacer aproximaciones sucesivas, estableciendo algunas modificaciones y comparando resultados.

En este trabajo se propondrá la metodología para lograr aplicarlo en una empresa constructora dedicada al rubro de edificación de edificios residenciales, a partir de un diseño ya definido. Se espera con este trabajo promover la aplicación de la metodología BIM en la gestión de la construcción haciendo ver sus beneficios.

DEDICATORIA

*Dedicado a aquellas personas
que luchan por cumplir sus sueños*

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer especialmente a mi profesor guía el Señor David Campusano, por darme la oportunidad de desarrollar este trabajo, por orientarme para no perder el rumbo, por adaptarse a mis tiempos y a mi realidad. Admiro profundamente su pasión por la investigación y su entusiasmo por emprender nuevos proyectos; sin su apoyo esto no habría sido posible.

Al profesor de comisión Ricardo Rojas, por su apoyo y por el tiempo que destinó a transmitirme sus conocimientos.

Al profesor Eduardo Jerez, por su paciencia y ayuda en la etapa inicial.

Al profesor de comisión Jorge Pulgar, por su confianza y su aporte de conocimientos.

A mi jefe Carlos Molina, por su apoyo incondicional y por ayudarme a ser una mejor profesional cada día.

A mi familia por sus cariño, compañía y apoyo.

Finalmente agradezco estar en el momento preciso con las personas correctas.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción y Objetivos.	11
1.1. Introducción.	11
1.2. Objetivos.	12
1.2.1. Objetivo General.	12
1.2.2. Objetivos Específicos.	12
1.3. Metodología.	12
1.4. Resultados esperados.	13
2. Marco Conceptual	14
2.1. BIM	14
2.1.1. Definición de BIM	14
2.1.2. Dimensiones BIM	14
2.1.3. Software	15
2.1.4. Fases de adopción de la metodología BIM.	16
2.1.5. Niveles de información.	17
2.1.5.1. Nivel de definición.	17
2.1.5.2. Nivel de desarrollo.	18
2.1.6. Modelo a utilizar	19
2.1.7. Comportamiento de elementos de Revit	20
2.1.8. Propiedades de elementos de Revit	21
2.1.9. Terminología y conceptos	21
2.1.10. Modelar para medir	22
2.2. Gestión de la Construcción.	22
2.2.1. Definición	22
2.2.2. Diagrama del ciclo de vida un proyecto de edificación	23
2.2.3. Planificación de un contrato de construcción	23
2.2.3.1. Plazo.	23
2.2.3.2. Costos.	24
2.2.3.3. Calidad.	24
2.2.3.4. Seguridad	24
2.2.3.5. Medio Ambiente.	25
2.2.3.6. Relación con la ciudadanía	25
2.2.4. Programación y control de la variable plazo	25
2.2.4.1. Niveles de planificación	25
2.2.4.2. Metodología de programación.	26
2.2.4.3. Seguimiento y control.	27
2.2.4.4. Curva S.	27
2.2.4.5. Curvas de avance.	28
2.2.5. Gestión y control de costos.	29
2.2.5.1. Plan de cuentas.	29
2.2.5.1.1. Cuenta de costo.	30
2.2.5.1.2. Categoría de cuenta.	30
2.2.5.2. Estudio de la partida.	30
2.2.5.3. Control de mano de obra.	30
2.2.5.3.1. Detalle de mano de obra.	30
2.2.5.3.2. Detalle de mano de obra por cuenta de costo.	31

2.2.5.3.3.	Análisis de precio unitario de mano de obra	31
2.2.5.4.	Gestión de materiales.	31
2.2.5.4.1.	Control de despachos de material.	31
2.2.5.4.2.	Control de pérdidas de materiales	32
2.2.5.5.	Análisis de costos.	32
2.2.5.5.1.	Resultado consolidado de la partida.	32
2.2.5.5.2.	Seguimiento de la partida.....	32
2.2.5.5.3.	Informe de costos del proyecto	32
2.3.	Last Planner	33
3.	Desarrollo del modelo.....	34
3.1.	Equivalencia entre datos Revit y códigos Presto.....	34
3.2.	Exportación del modelo.....	36
3.3.	Asignación de presupuesto	43
3.3.1.	Base de datos de precios.....	43
3.3.2.	Asociar presupuesto	44
3.4.	Planificación	49
3.4.1.	Planificación temporal	49
3.4.2.	Planificación económica.....	56
3.4.3.	Simulación.....	58
3.4.4.	Certificación o avances	60
4.	Aplicación del modelo específico	63
4.1.	Procedimiento.....	63
4.1.1.	Metodología tradicional.....	63
4.1.2.	Metodología BIM.....	66
4.1.2.1.	Proyecto viene modelado en BIM para licitar	66
4.1.2.2.	Proyecto no viene modelado en BIM para licitar	68
4.2.	Organigrama (incluye calificación de profesionales	71
4.2.1.	Metodología tradicional.....	71
4.2.2.	Metodología BIM.....	73
4.3.	Funciones y calificación profesional del Organigrama	75
4.4.	Equipos requeridos	77
4.5.	Software	77
4.6.	Capacitaciones.....	78
4.7.	Asesoría externa	79
4.8.	Análisis de costos Metodologías.....	79
4.8.1.	Metodología Tradicional	79
4.8.1.1.	Equipo de Propuesta	79
4.8.1.2.	Equipo de Oficina técnica	80
4.8.2.	Metodología BIM.....	80
4.8.2.1.	Equipo de Propuesta	80
4.8.2.2.	Equipo de Oficina técnica	81
4.8.3.	Comparativo entre ambas metodologías.....	81
4.9.	Ventajas y desventajas.....	83
4.9.1.	Ventajas de la aplicación del sistema.....	83
4.9.2.	Desventajas o limitaciones en la aplicación del sistema.....	84
5.	Conclusiones.....	84
6.	Comentarios y recomendaciones.....	87
	Bibliografía.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:Ciclo BIM	12
Figura 2:Ejemplo de proveedores de softwares.....	15
Figura 3:Ejemplos de softwares	16
Figura 4:Planta de contenedor	19
Figura 5:Corte de vista 3D contenedor.....	20
Figura 6:Comportamiento de elementos Revit.....	21
Figura 7:Conceptos básicos BIM	22
Figura 8:Diagrama de flujo de un proyecto.....	23
Figura 9:Consolidado PAC.....	26
Figura 10:Ejemplo de programa inicial de obra	27
Figura 11:Ejemplo de control de avance de terminaciones.....	28
Figura 12:Ejemplo de curva de avance 1	28
Figura 13:Ejemplo de curva de avance 2	29
Figura 14:Ejemplo de curvas de despacho	31
Figura 15:Equivalencia códigos Revit y Presto.....	34
Figura 16:Equivalencia de propiedades de tipo.....	35
Figura 17:Equivalencia de propiedades de material.....	35
Figura 18:Selección vista 3D en Revit	36
Figura 19:Revisión de errores Revit.....	37
Figura 20:Selección de módulo exportar.....	38
Figura 21:Visualización de elementos exportados	39
Figura 22:Resultado de exportación	40
Figura 23:Trazabilidad entre Revit y Presto.....	41
Figura 24:Trazabilidad líneas de medición de Presto en Revit	42
Figura 25:Selección base de datos de precio de Presto	43
Figura 26:Asociación de precios unitarios	44
Figura 27:Selección de precio unitario para partida techo paso 1	45
Figura 28:Selección de precio unitario para partida techo paso 2.....	46
Figura 29:Selección de precio unitario para partida techo paso 3.....	47
Figura 30:Asociación de precio unitario para partida techo.....	47
Figura 31:Presupuesto de modelo	48
Figura 32:Visualización de objetivo de costo	49
Figura 33:Definición de objetivo de costo	50
Figura 34:Definición de inicio y término de obra	51
Figura 35:Definición de fechas de avance.....	52
Figura 36:Selección de Diagrama de barras	53
Figura 37:Definición de duración de tareas.....	54
Figura 38:Creación de vínculos entre tareas.....	55
Figura 39:Selección de planificación económica	56
Figura 40:Flujo económico del proyecto.....	57
Figura 41:Generación de simulación de planificación	58
Figura 42:Pantallazos simulación de planificación	59
Figura 43:Ingreso de avances físicos de partidas	60
Figura 44:Generación de simulación de avances	61

Figura 45: Simulación de avance físico del modelo	62
Figura 46: Esquema capítulo 4.1	63
Figura 47: Esquema de trabajo Metodología Tradicional	65
Figura 48: Esquema capítulo 4.1.2	66
Figura 49: Esquema de trabajo Metodología BIM	70
Figura 50: Organigrama departamento de estudios Metodología Tradicional	71
Figura 51: Organigrama Oficina Técnica Metodología Tradicional	71
Figura 52: Organigrama Oficina Técnica proyectos grandes	72
Figura 53: Organigrama Departamento de estudios Metodología BIM	73
Figura 54: Organigrama Oficina Técnica Metodología BIM	73
Figura 55: Organigrama Oficina Técnica proyectos grandes (BIM)	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Restricciones de cumplimiento de plan semanal.....	26
Tabla 2. Códigos categoría de cuentas	30
Tabla 3. Cuadro comparativo funciones Oficina Técnica	76
Tabla 4. Cuadro comparativo funciones Departamento de Estudios.....	76
Tabla 5. Cuadro comparativo equipos computacionales	77
Tabla 6. Cuadro comparativo softwares	77
Tabla 7. Cuadro comparativo capacitaciones	78
Tabla 8. Cuadro comparativo asesorías externas.....	79
Tabla 9. Análisis de costos Estudio de Propuestas Metodología Tradicional	79
Tabla 10. Análisis de estudio Oficina Técnica Metodología Tradicional	80
Tabla 11. Análisis de costos Estudio de Propuestas Metodología BIM.....	80
Tabla 12. Análisis de estudio Oficina Técnica Metodología BIM.....	81
Tabla 13. Cuadro comparativo ambas metodologías Departamento de Estudios	81
Tabla 14. Cuadro comparativo ambas metodologías Oficina Técnica.....	82
Tabla 15. Resumen comparativo de costos	82
Tabla 16. Porcentajes de incidencia	82

LISTADO DE HIPERVINCULOS EXTERNOS

[Vínculo 1. Curva S](#)

[Vínculo 2. Cuenta de costo](#)

[Vínculo 3. Plan de cuentas](#)

[Vínculo 4. Cuadro de cierre](#)

[Vínculo 5. Detalle de mano de obra](#)

[Vínculo 6. Detalle de mano de obra por cuenta de costo](#)

[Vínculo 7. Análisis de precio unitario de mano de obra](#)

[Vínculo 8. Control de despachos de material](#)

[Vínculo 9. Control de pérdidas de materiales](#)

[Vínculo 10. Seguimiento de la partida](#)

[Vínculo 11. Informe de costos](#)

[Vínculo 12. Simulación de la planificación en Revit](#)

[Vínculo 13. Formato de cubicación](#)

[Vínculo 14. Mediciones](#)

1. Introducción y Objetivos.

1.1. Introducción.

La metodología BIM ofrece las ventajas de la digitalización y manejo computacional de la información resultante de la fase de inversión de un proyecto de edificación para utilizarlo en su optimización mediante desarrollo de simulaciones y luego en el desarrollo del proceso constructivo.

Esta herramienta posibilita el diseño tridimensional asociando a un modelo 3D de información paramétrica de cada uno de los elementos que lo componen tales como la superficie, volumen, propiedades térmicas, precios, especificaciones técnicas, etc.

BIM destaca por su capacidad para generar y gestionar la información del diseño de proyecto, a través del empleo de múltiples herramientas basadas en tecnologías de información, permitiendo integrar todas sus etapas durante su ciclo de vida.

La situación ideal de la aplicación de la plataforma es que cada uno de los diseñadores incorpore su especialidad en una plataforma BIM para luego agruparlo en un gran modelo. Incluso existen herramientas que permiten generar esta colaboración y concentrar los modelos de las distintas especialidades en servidores o plataformas de almacenamiento masivo que alojan la información en internet (en la “nube”).

La tecnología BIM existe en Chile desde fines de los 90 (Graphisoft, 1999), pero no fue hasta la primera mitad de la década del 2000, con la introducción de Autodesk Revit Architecture, que comenzó un proceso generalizado de difusión y crecimiento en el país. No obstante, se trató de un uso aislado en un puñado de oficinas de arquitectura y construcción, y sólo de manera parcial, limitado, no integrado ni colaborativo.

Desde 2005 el uso de BIM comenzó a expandirse en empresas de Ingeniería y Construcción de edificios, en donde el Gerenciamiento de Proyectos y la Inspección Técnica de Obras pudieron darse cuenta de que esta tecnología basada en base de datos podía permitirle una mejor coordinación e inspección entre las partes.

Tal como se observa en la figura 1, la metodología BIM está presente en todas las etapas del proyecto y en este trabajo de título se analizará su aporte en la gestión en la etapa de construcción.



Figura 1: Ciclo BIM

1.2. Objetivos.

Los objetivos de este estudio se agrupan de la siguiente manera:

1.2.1. Objetivo General.

Estudio de herramientas de la metodología BIM y su utilización en la gestión de una obra de construcción.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- ❖ Establecer un procedimiento para incorporar la información necesaria a un proyecto modelado en BIM.
- ❖ Definir las acciones y controles necesarios para la gestión de una obra en construcción.
- ❖ Analizar el itemizado de presupuesto de un contrato de construcción, analizando cuáles serían los beneficios y barreras al utilizar la metodología BIM
- ❖ Generar los reportes necesarios para monitorear el resultado de una obra.
- ❖ Determinar los requerimientos para el uso de BIM y su costo.
- ❖ Proyectar la aplicación de la metodología BIM para la gestión de la construcción a un conjunto de edificios residenciales en altura.

1.3. Metodología.

Para cumplir con los objetivos anteriormente mencionados, se procede con los siguientes pasos:

- 1) Análisis bibliográfico.
- 2) Estudio de la metodología BIM y su aplicación práctica en la gestión de la construcción.
- 3) Estudiar el modelo de representación y el procedimiento de incorporar la información asociada.
- 4) Desarrollar un modelo básico explicativo y demostrativo de las bases de la metodología.
- 5) Desarrollar un modelo en un proyecto simple y de menor tamaño y del que se tiene la información inicial, de modo que sirva de piloto.
- 6) Estudiar y definir el flujo de la información y el organigrama del personal que interviene en el proceso de incorporar la información.
- 7) Estudiar la metodología de la gestión de la construcción. Flujos de información y comparación de los resultados con lo proyectado.
- 8) Se desarrollará el proyecto de aplicación a un edificio de trece pisos y gestionado de la manera tradicional.

1.4. Resultados esperados.

Proponer un proyecto de aplicación práctica de la metodología BIM en un proyecto de arquitectura.

Establecer los beneficios de la aplicación en la gestión de la construcción para promover su uso en nuestro país.

2. Marco Conceptual

2.1. BIM

2.1.1. Definición de BIM

BIM (Building Information Modelling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación de forma colaborativa en un espacio virtual.

Es decir, antes la información de los proyectos se encontraba en una gran cantidad de planos en 2D y estaba repartida entre los distintos actores del proceso del proyecto, arquitectos, ingenieros, constructores, etc. sin vinculación entre las etapas de diseño, construcción y operación, sin embargo, ahora está centralizada en una sola base de datos digital accesible a todos y actualizada en tiempo real.

La metodología BIM parte de un modelo de representación 3D al que se le puede incorporar toda la información del proyecto que se quiera: especificaciones técnicas, materiales a utilizar y sus características, análisis de costos y tiempos, métodos constructivos y todo lo que se considere conveniente para su construcción.

2.1.2. Dimensiones BIM

El ciclo de vida de un proyecto BIM comienza con una idea y termina con la etapa de mantención del edificio, el cual puede dividirse en siete fases que se han denominado dimensiones BIM:

- ❖ 1D La idea: Se parte de una idea y se definen las condiciones iniciales, realizando las primeras estimaciones de superficie, volúmenes y costos. Se establece además el plan de ejecución.
- ❖ 2D El boceto: Se prepara el software para modelar, se definen los materiales, las cargas estructurales y se establecen las bases para la sostenibilidad del proyecto.
- ❖ 3D Modelo de información del edificio: A partir de toda la información recopilada se genera el modelo 3D que servirá como base para el resto del ciclo de vida del proyecto. No es sólo algo visual, sino que incorpora toda la información que se necesitará para las siguientes fases.
- ❖ 4D Tiempo: Se incorpora la variable tiempo, definiendo fases del proyecto, duraciones, estableciendo su planificación temporal.
- ❖ 5D Costo: Se incorpora el control de costos y estimación de gastos del proyecto.
- ❖ 6D Simulación: En ocasiones llamada BIM verde, consiste en simular las posibles alternativas del proyecto para finalmente llegar a la alternativa óptima, todo esto antes de comenzar la construcción del proyecto.

- ❖ 7D Manual de instrucciones: Se establece el manual de la vida útil del proyecto una vez construido, para el uso y mantenimiento de éste.

2.1.3. Software

En la actualidad existen un buen número de empresas que comercializan aplicaciones especialmente diseñadas para modelar usando tecnología BIM, como es el caso de: Autodesk, Graphisoft, Bentley, Trimble, Allplan.

Estas empresas desarrollan distintos softwares dependiendo del área de su utilización, tales como Revit, Archicad, Aecosim, Tekla, Allplan.

La mayoría de éstos poseen la opción de exportación a un formato universal denominado formato IFC (Industry foundation clases) que permite el intercambio de información de un software a otro, estableciendo un lenguaje común para los distintos modelos de un proyecto.

En la figura 10 y 11 se observan algunos ejemplos de softwares existentes para las distintas especialidades y las empresas que los comercializan.



Figura 2: Ejemplo de proveedores de softwares

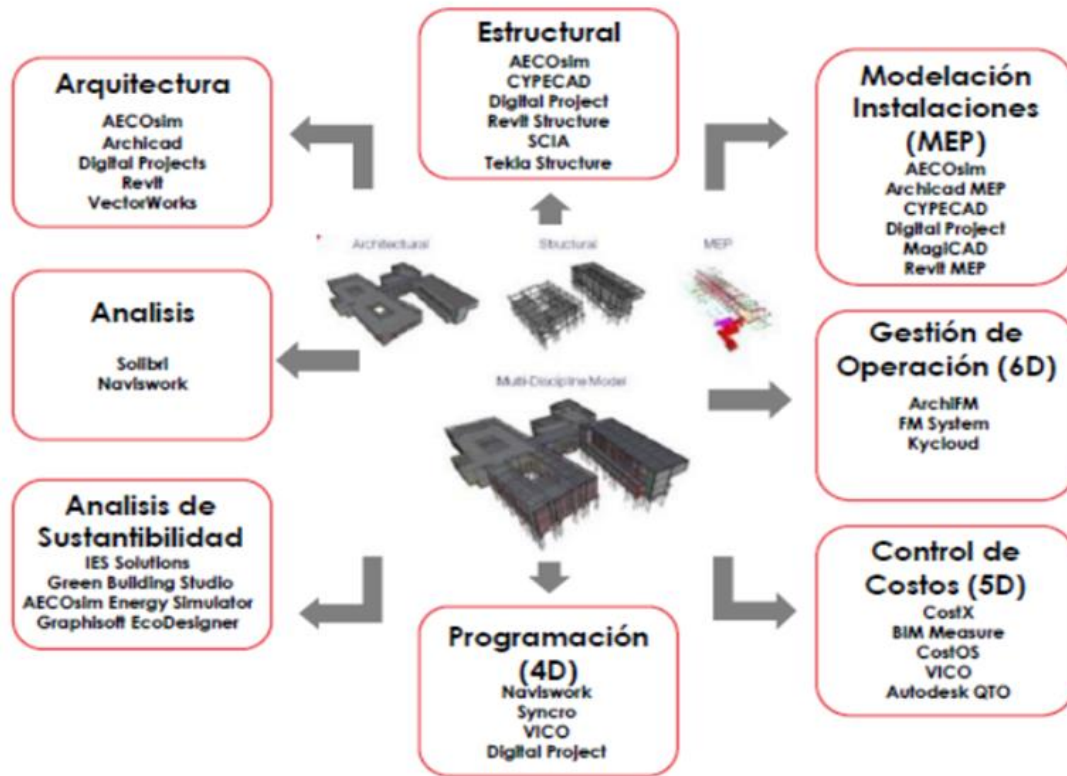


Figura 3: Ejemplos de softwares

2.1.4. Fases de adopción de la metodología BIM.

Es fundamental identificar todas las empresas que son parte del ciclo del proyecto, para entender si aplicarán esta metodología. Es recomendable que todas las empresas que intervienen a lo largo del proceso también implementen BIM; de lo contrario no se podrá trabajar de una forma óptima, ni sacar todo el partido posible a los beneficios que aporta el uso de esta metodología colaborativa. De esta forma se deben considerar los siguientes escenarios:

- ❖ BIM no integrado (unilateral): Corresponde al caso de cuando una compañía del ciclo del proyecto es la única que aplicará la tecnología. En este caso no se generará más beneficios para un mandante u otra empresa que sea parte del proyecto.
- ❖ BIM no integrado (multilateral): Corresponde al caso cuando más de una empresa del ciclo de vida de un proyecto utiliza la tecnología. En estos casos cada compañía desarrollará sus modelos según sus necesidades.
- ❖ BIM integrado: Corresponde al caso cuando la coordinación de todas las especialidades y etapas del proyecto es realizada en forma normada y centralizada.
- ❖ El denominador común para que las empresas adopten esta tecnología de manera consistente, sin importar su tamaño, será la “estandarización”, esto permitirá que la adopción de esta tecnología se pueda mantener en el tiempo y los resultados se visualicen en un corto plazo.

2.1.5. Niveles de información.

Uno de los aspectos más importantes para tener en cuenta a la hora de abordar un proyecto BIM es definir el nivel de detalle que precisa el proyecto o la fase de este que se está desarrollando.

2.1.5.1. Nivel de definición.

Según el documento PAS 1192-2 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling de la National BIM Estándar de Reino Unido, se utiliza el término de nivel de definición para referirse a dos conceptos; el nivel de detalle o Level of Detail (LOD) que está orientado a la descripción gráfica de los modelos en cada una de las etapas y el nivel de información o Level Of Information (LOI) que está orientado a la descripción del contenido no gráfico de los modelos en cada una de las etapas:

Niveles de detalle:

- ❖ LOD 2: El elemento de construcción modelado proporciona una indicación visual del elemento en la etapa conceptual, identificando requerimientos claves como el acceso o zonas libres para el posterior mantenimiento. Esta información es adecuada para la coordinación espacial inicial de los elementos o sistemas.
- ❖ LOD 3 – El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento en la etapa de definiciones técnicas para su coordinación espacial completa.
- ❖ LOD 4 – El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento para una etapa de diseño, con su coordinación espacial completa.
- ❖ LOD 5 – El elemento de construcción modelado proporciona una representación visual del elemento en el proyecto construido y provee una referencia, para su posterior uso y mantenimiento.

Niveles de información:

- ❖ LOI 2 y 3 – El elemento modelado proporciona una descripción inicial para una entrega hacia el diseño.
- ❖ LOI 4 – El elemento modelado proporciona una información suficiente para permitir la selección del producto de fabricante que cumpla con sus requerimientos. Esta información también puede ser utilizada para reemplazar un elemento durante el ciclo de vida del proyecto, una vez construido.
- ❖ LOI 5 – El elemento modelado proporciona la información específica del producto de fabricante seleccionado o lo construido y entregado. Cualquier información adicional pertinente durante el proceso de construcción o instalación es indicada dentro de este nivel.
- ❖ LOI 6 – El elemento modelado proporciona la información acumulada de los niveles anteriores y además considera información detallada del mantenimiento efectuado.

2.1.5.2. Nivel de desarrollo.

Según la AIA (American Institute of Architects) en su documento G202-2013 Protocolo de Building Information Modeling, el nivel de desarrollo o LOD (Level of Development), es una forma de identificar los requisitos mínimos y de usos específicos asociados a cada elemento del modelo en seis niveles:

- ❖ LOD 100: El elemento de construcción modelado puede ser representado gráficamente en el modelo con un símbolo u otra representación genérica. La información relacionada con el elemento se puede derivar de otros elementos del modelo. Estas representaciones no son geométricas, sino que muestran la existencia de un componente, pero no su forma, tamaño o ubicación precisa. Toda la información entregada en LOD 100 debe ser considerada aproximada.
- ❖ LOD 200: El elemento modelado se representa gráficamente como un sistema genérico de objeto, tamaño, forma, ubicación y orientación aproximados. La información no gráfica también es aproximada al elemento modelado. Estas representaciones son geométricas respecto del volumen o espacio reservado para el elemento de construcción que representan. Toda la información entregada en LOD 200 debe ser considerada aproximada.
- ❖ LOD 300: El elemento modelado se representa gráficamente como un objeto o sistema específico en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. La información no gráfica, también se corresponde con la información gráfica. Las cantidades, dimensiones, formas, ubicación y orientación según lo diseñado se pueden obtener directamente a partir del elemento sin hacer referencia a información no gráfica.
- ❖ LOD 350: El elemento modelado se representa gráficamente como un sistema u objeto específico en términos de cantidad, dimensiones, forma, posición, orientación y se encuentra vinculado a otros elementos del modelo. La información no gráfica está contenida dentro del elemento modelado. Estas representaciones se vinculan con otros elementos del modelo cercano o adjunto. Se incluyen las partes tales como soportes o conexiones.
- ❖ LOD 400: El elemento modelado se representa gráficamente en el modelo como un objeto o sistema específico en términos de dimensiones, forma, ubicación, cantidades y con información en detalle de fabricación, montaje e instalación. La información no gráfica también se encuentra dentro del elemento modelado. Estas representaciones se modelan con la precisión y detalle suficiente para su fabricación e instalación.
- ❖ LOD 500: El elemento modelado es una representación fiel del elemento de construcción ya ejecutado en obra, con su tamaño, forma, ubicación y orientación real en el proyecto. La información no gráfica está incluida en el objeto, así como sus vínculos con otros elementos. Estas representaciones se realizan una vez construido el proyecto y son las adecuadas para el mantenimiento y el funcionamiento del elemento en el inmueble.

2.1.6. Modelo a utilizar

En este trabajo de título, se considerará un modelo desarrollado en Revit en nivel de detalle LOD3, nivel de información LOI4 y nivel de desarrollo LOD 300, de acuerdo al siguiente plano de planta:

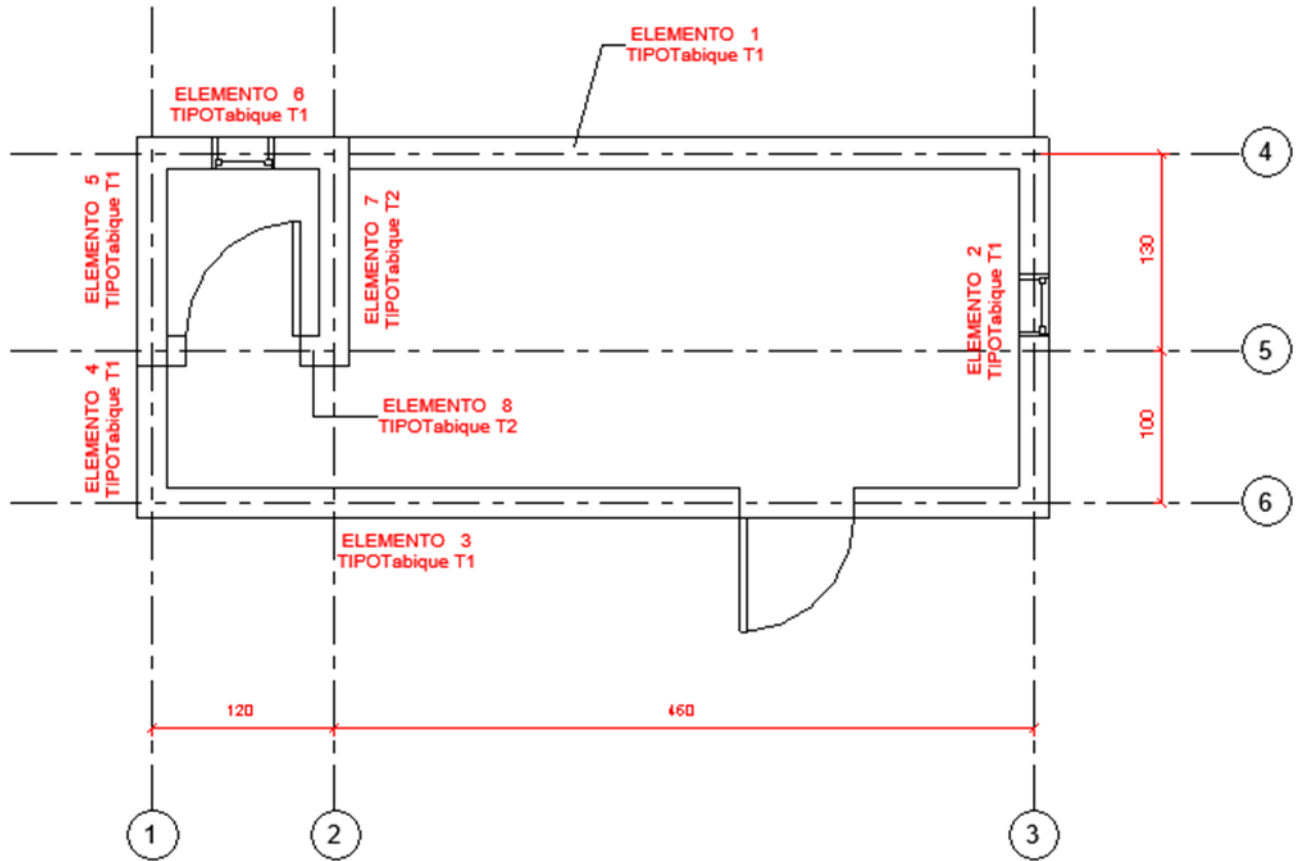


Figura 4:Planta de contenedor

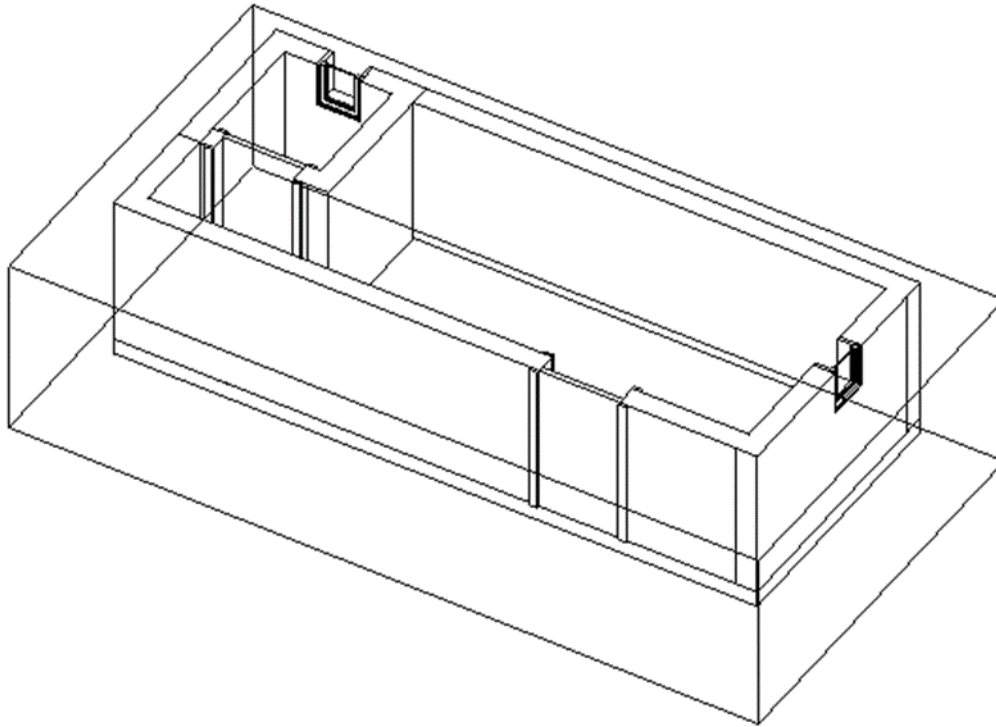


Figura 5: Corte de vista 3D contenedor

2.1.7. Comportamiento de elementos de Revit

Es necesario comprender algunas definiciones básicas, Revit utiliza tres tipos de elementos en los proyectos: elementos de modelo, elementos de referencia y elementos específicos de vista. Estos elementos también se denominan familias. La familia contiene la definición geométrica del elemento y los parámetros utilizados por el elemento, cada ejemplar de un elemento está definido y controlado por la familia:

- ❖ Elementos de modelo: Representan la geometría 3D real de un edificio (muros, ventanas, puertas, cubiertas, muros estructurales, losas, rociadores, paneles eléctricos, etc.).
- ❖ Elementos de referencia: Ayudan a definir el contexto del proyecto (rejillas, niveles, niveles de referencia, etc.).
- ❖ Elementos específicos de vista: Aparecen sólo en las vistas en que se encuentran, son útiles para describir o documentar un modelo (cotas, etc.).

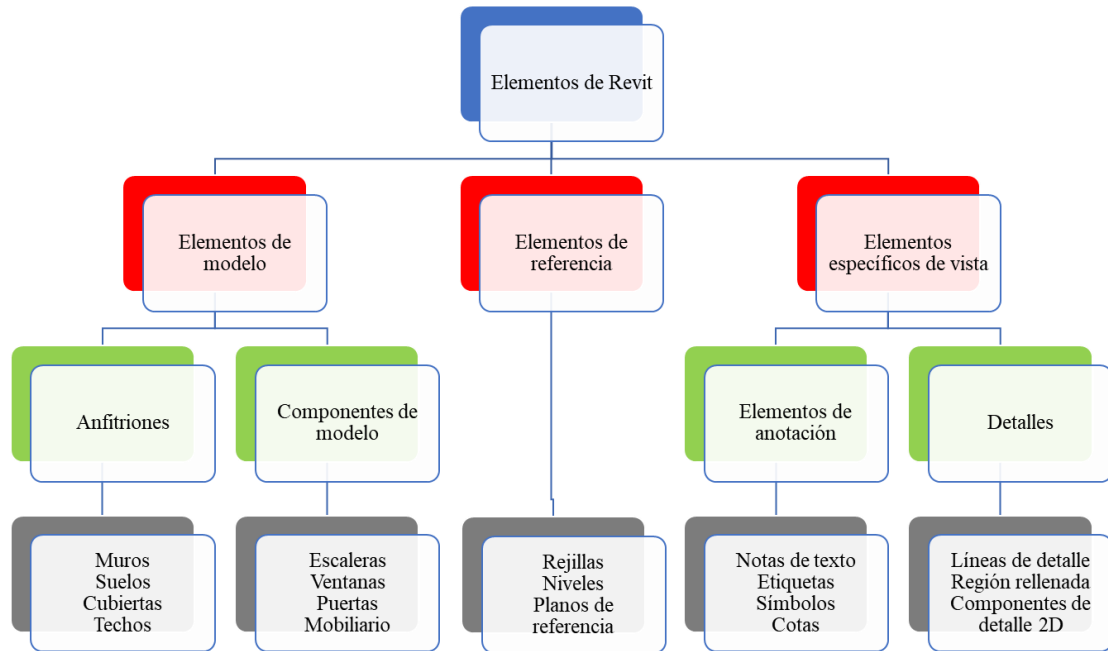


Figura 6: Comportamiento de elementos Revit

2.1.8. Propiedades de elementos de Revit

Cada elemento que se coloca en un dibujo es un ejemplar de un tipo de familia. Los elementos tienen dos conjuntos de propiedades que controlan la apariencia y el comportamiento, propiedades de tipo y propiedades de ejemplar.

- ❖ Propiedades de tipo: El mismo conjunto de propiedades de tipo es común a todos los elementos de una familia y cada propiedad tiene el mismo valor para todos los ejemplares de un tipo de familia concreto. El cambio de valor de una propiedad de tipo afecta a todos los ejemplares actuales y futuros de este tipo de familia.
- ❖ Propiedades de ejemplar: Se aplica un conjunto común de propiedades de ejemplar a todos los elementos pertenecientes a un tipo de familia concreto, pero los valores de estas propiedades pueden variar según la ubicación de un elemento en un edificio o un proyecto. El cambio de valor de una propiedad de ejemplar afecta únicamente a los elementos seleccionados o al elemento que se va a colocar.

2.1.9. Terminología y conceptos

- ❖ Familias: Parte del entorno de Revit utilizado para crear elementos de construcción básicos, como muros, cubiertas y forjados.
- ❖ Categoría: Corresponde a la clasificación de familias, las cuales se agrupan y se ordenan por categoría.
- ❖ Tipo: Variaciones del elemento familia.

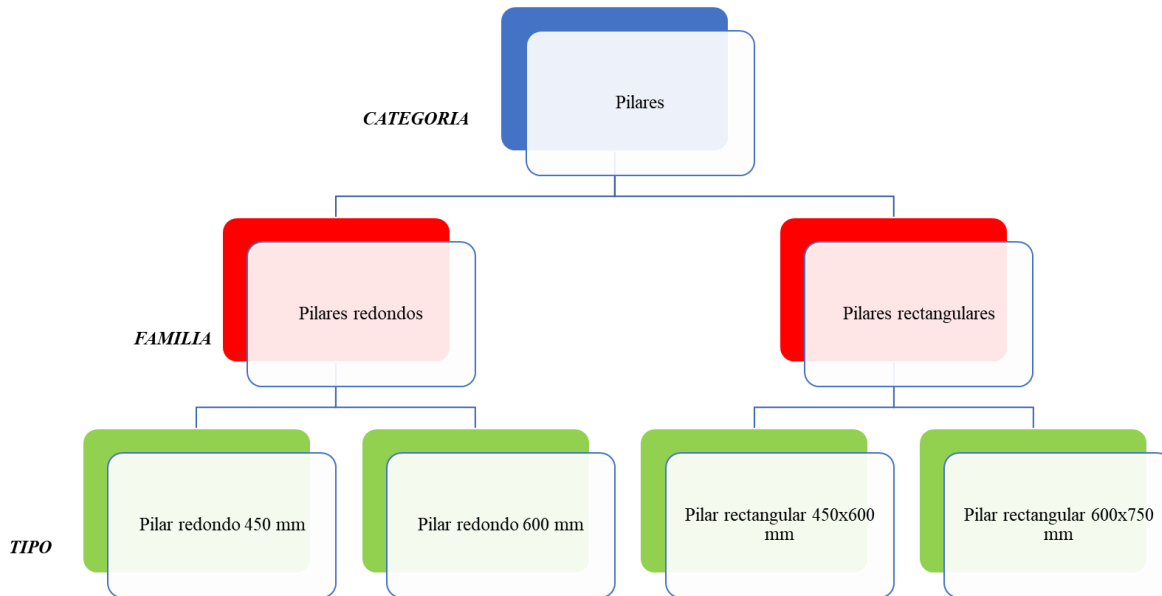


Figura 7: Conceptos básicos BIM

2.1.10. Modelar para medir

A través de la utilización del BIM, es posible extraer las mediciones de una forma mucho más efectiva. Las mediciones manuales desde los dibujos se reemplazan por mediciones asistidas desde el BIM, éstas pueden obtenerse a partir de modelos arquitectónicos, estructurales o de instalaciones y sus integraciones.

Sin embargo, BIM no resuelve completamente los problemas que aparecen en una extracción de mediciones ni todas las mediciones que se necesitan en un proyecto pueden ser extraídas del BIM.

Desde la perspectiva de la extracción de mediciones, el atributo más importante del modelo es la consistencia: todos los elementos constructivos e instalaciones se modelan a partir de los requisitos del BIM.

2.2. Gestión de la Construcción.

2.2.1. Definición

Este concepto corresponde a la utilización de un conjunto de herramientas y metodologías para maximizar los niveles de la productividad de un proceso o empresa.

Pilares claves para desarrollarla son la planificación, el conocimiento del proceso productivo y la cuantificación de sus pérdidas, con el fin de mejorar y así obtener un producto o servicio en el plazo esperado, en el costo estimado y según los requerimientos del cliente.

En este capítulo se analizarán las variables que intervienen en el proceso y cuáles serán abordadas en este trabajo.

2.2.2. Diagrama del ciclo de vida un proyecto de edificación

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Todo contrato de obra tiene asignados unos objetivos, unas especificaciones a cumplir, un plazo de realización y un presupuesto a emplear.

El desarrollo de cualquier proyecto de inversión tiene una común evolución temporal, definida por las siguientes Fases y Etapas:

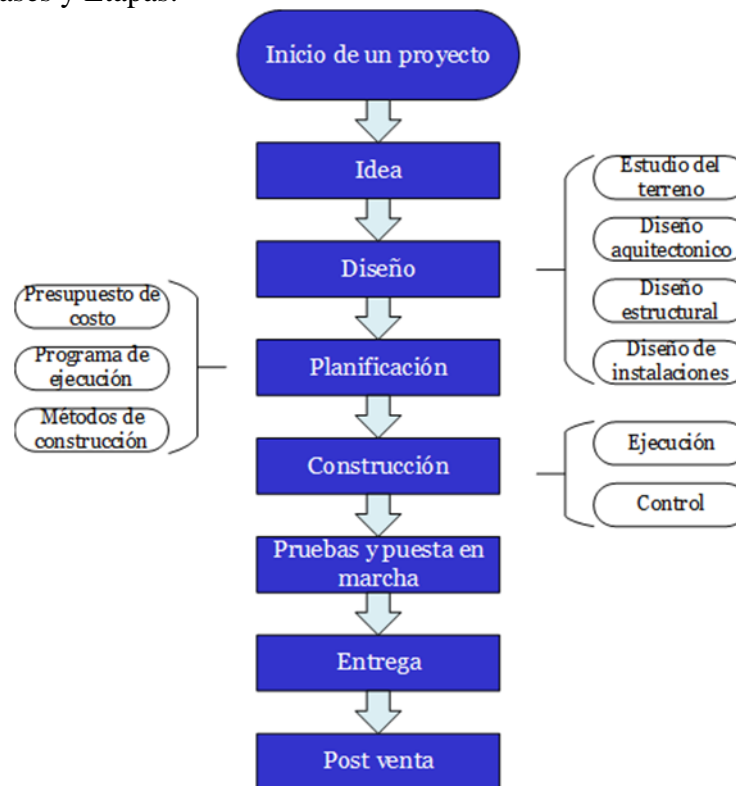


Figura 8: Diagrama de flujo de un proyecto

2.2.3. Planificación de un contrato de construcción

La planificación considera entre otras variables:

- 1) Plazo
- 2) Costo
- 3) Calidad
- 4) Seguridad
- 5) Medio Ambiente
- 6) Relación con la ciudadanía

2.2.3.1. Plazo.

La gestión del tiempo del proyecto incluye los procesos requeridos para terminarlo dentro del plazo. Para ello se utiliza como herramienta la programación necesaria para desarrollar, gestionar, ejecutar y controlar el programa del proyecto.

2.2.3.2. Costos.

La gestión de costos se fundamenta en el presupuesto y en controlar estos de modo que se complete el contrato dentro del presupuesto aprobado.

Controlar los costos es el proceso de monitorear el estado del contrato para actualizar sus valores y gestionar cambios que permitan detectar desviaciones con respecto al plan original con el objetivo de tomar acciones correctivas y minimizar el riesgo.

2.2.3.3. Calidad.

La gestión de la calidad de un proyecto incluye los procesos y acciones necesarias para que satisfaga las necesidades para las que fue acometido. Todo contrato debería contar con un plan de gestión de calidad y disponer de los datos necesarios para demostrar su cumplimiento.

Se persigue minimizar las desviaciones y proporcionar resultados que cumplan con los requisitos especificados. Las bases de la gestión de la calidad se pueden resumir en los siguientes puntos:

- ❖ **La satisfacción del cliente:** Se deben cumplir las expectativas del cliente, en cuanto a la percepción en que se han cumplido sus requisitos.
- ❖ **La prevención antes que la inspección:** La calidad debe ser planificada, el costo de prevenir generalmente es menor al costo de una corrección durante una inspección
- ❖ **La mejora continua:** Es un ciclo ininterrumpido a través del cual se identifica un área de mejora, se planea cómo realizarla, se implementa, se verifican los resultados y se corrigen las desviaciones.
- ❖ **Responsabilidad de la dirección:** Es la dirección la responsable de proporcionar los recursos necesarios para implementar el sistema de gestión de calidad.

2.2.3.4. Seguridad

Cumplir con todas las leyes, normas y reglamentos vigentes sobre la prevención de riesgos y adoptar responsablemente estándares, debe ser parte de la política de prevención de riesgos de toda empresa constructora. Ninguna meta de plazo, tarea o emergencia justifica que un trabajador se exponga a un riesgo de accidente.

Un accidente es un suceso eventual no deseado que interrumpe el proceso normal de trabajo y que involuntariamente provoca daño a las personas y/o daño a la propiedad.

Las causas de un accidente son circunstancias que se presentan y que lo desencadenan y se pueden deber a dos factores:

- ❖ **Acción insegura:** En este caso es la participación del trabajador la causal del accidente, como por ejemplo no usar los elementos de protección personal

- ❖ **Condición insegura:** Se define como cualquier condición del ambiente que puede contribuir a la ocurrencia de un accidente, como por ejemplo suciedad y desorden en el área de trabajo.

2.2.3.5. Medio Ambiente

La protección ambiental constituye uno de los objetivos prioritarios de las empresas constructoras; las buenas prácticas ambientales, como gestión de consumos, gestión de residuos, gestión de emisiones contaminantes, medidas de mitigación, etc. se traducen en beneficios para las empresas, el medio ambiente y la sociedad en general.

2.2.3.6. Relación con la ciudadanía

La integración de manera temprana a la comunidad en el desarrollo de proyectos de edificación les permite plantear sus preocupaciones y necesidades respecto a obras que afecten su entorno y calidad de vida. Esta interacción minimiza los conflictos que puedan surgir durante la etapa de construcción.

Este trabajo está orientado a variables plazo y costos.

2.2.4. Programación y control de la variable plazo

La programación y control de la variable plazo, es el proceso de definir, coordinar y determinar el orden en que deben realizarse las actividades con el fin de lograr la más eficiente y económica utilización de los equipos, elementos y recursos de que se dispone.

La programación es una función dinámica, que debe actualizarse permanentemente debido a la ocurrencia de imprevistos que pueden producir variaciones respecto al programa original.

2.2.4.1. Niveles de planificación

La metodología usada en el proyecto en el cual el autor de esta tesis participó corresponde a Last planner system (LPS) o sistema del último planificador, consiste en un sistema de planificación en cascada cuya finalidad principal, además de llevar un seguimiento del proyecto, es la reducción de la variabilidad.

La programación consiste en ordenar cronológicamente las diversas actividades a desarrollar durante el contrato de construcción. En el caso del Last Planner a partir de este programa general toma parcialidades y las analiza semana a semana.

Cada programa debe estudiarse cuidadosamente con el fin de determinar si existe restricción para su cumplimiento, por lo tanto, para cada actividad se terminan las restricciones que presentan para su ejecución (Tabla 1):

Actividad	Diseño	Materiales	Mano de obra	Equipos	Otros	Se puede hacer
Nº1	Si	Si	SI	Si	Si	Si
Nº2	Si	No	No	Si	Si	No
Nº3	Si	Si	No	SI	SI	No

Tabla 1. Restricciones de cumplimiento de plan semanal

Para controlar el programa semanal se calcula el indicador de porcentaje de actividades cumplidas (PAC):

$$PAC = \frac{\text{Número de actividades cumplidas}}{\text{Número de actividades programadas}} \times 100\%$$

En base a esto se elabora un gráfico de control semanal donde los valores obtenidos se comparan con respecto a la meta corporativa, que en este caso es de 80% (Tabla 2):

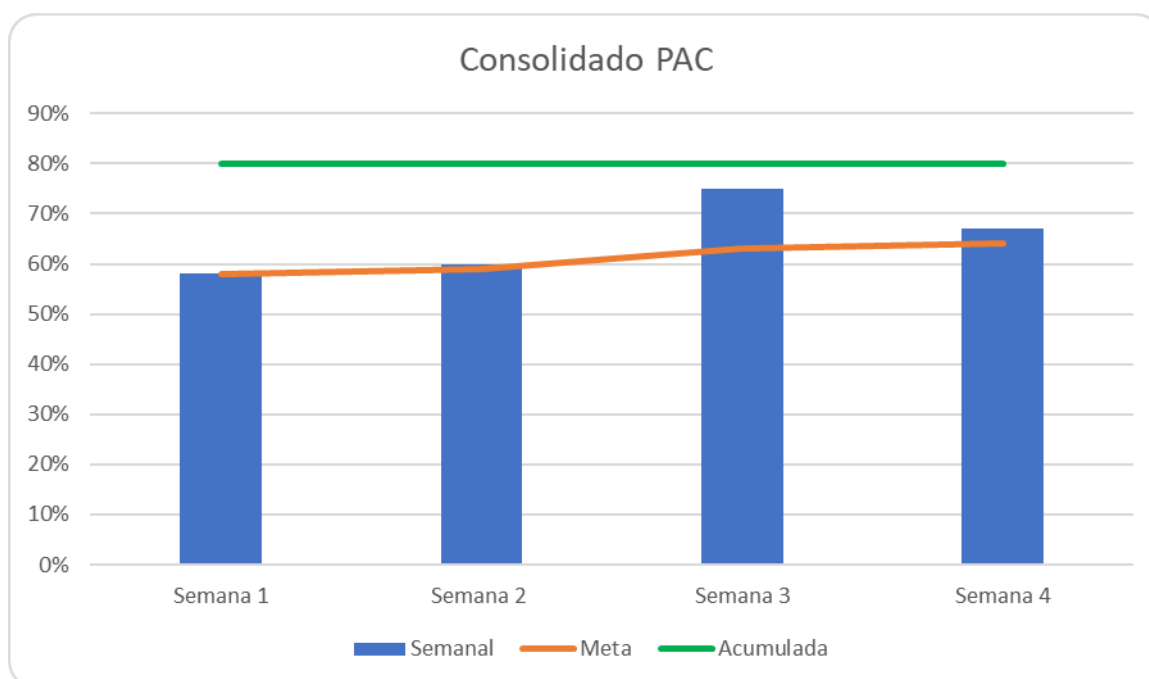


Figura 9: Consolidado PAC

2.2.4.2. Metodología de programación.

Para la elaboración del programa inicial se utilizó el método de barras Carta Gantt mediante la utilización del software Microsoft Project. Este método muestra las actividades del proyecto bajo la forma de barras proporcionales al tiempo. Si bien se puede utilizar el software, podría prescindirse de él y utilizar una planilla Excel.

El procedimiento habitual de creación un plan maestro es detallar las actividades de acuerdo con el presupuesto oficial de la obra, ya que de esa manera será más fácil asignar el costo de cada partida.

Los pasos para crear un programa de obra se resumen en lo siguiente:

- ❖ Asignar calendario base
- ❖ Establecer los hitos del proyecto definidos en el contrato
- ❖ Definición de las tareas
- ❖ Definición de la duración de las tareas en base a rendimientos
- ❖ Asignación de vínculos entre tareas
- ❖ Asignación de recursos de costo a cada tarea
- ❖ Creación de la línea base

A continuación, un ejemplo de un programa inicial de una obra (Fig. 4):

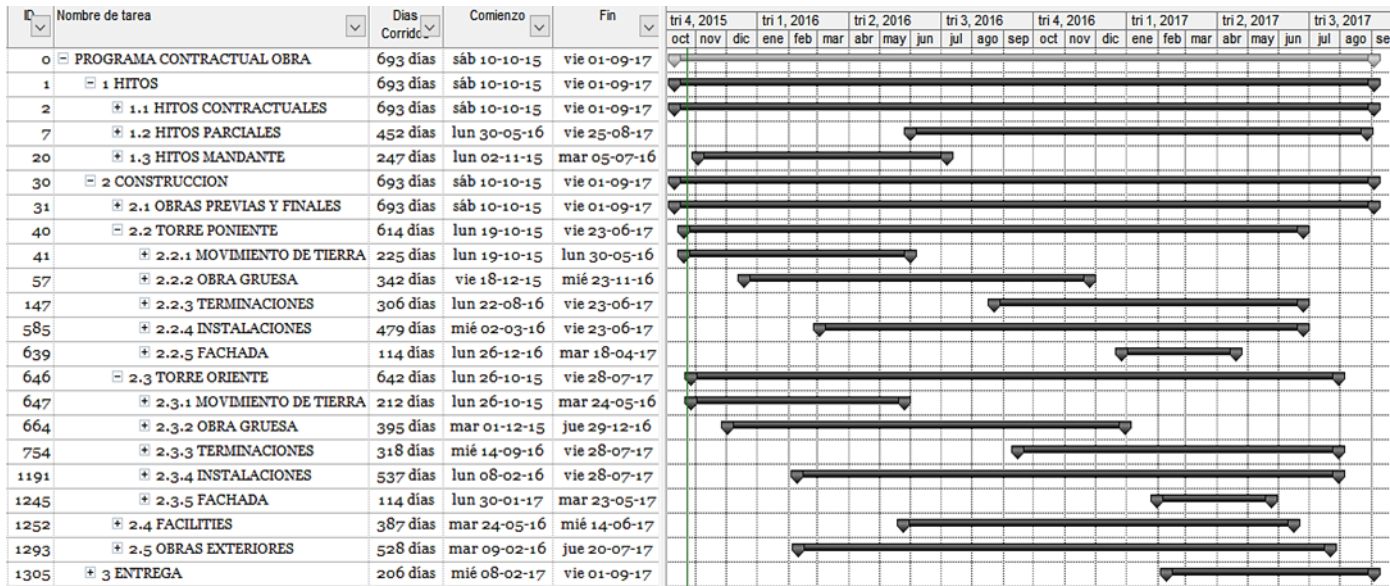


Figura 10: Ejemplo de programa inicial de obra

2.2.4.3. Seguimiento y control.

Para medir el progreso de un proyecto se debe realizar el seguimiento a las tareas, para esto se actualiza el porcentaje completado en el tiempo de cada actividad luego de haber medido en terreno el avance real de cada partida. El software permite reprogramar las tareas que, después de actualizar el proyecto, no han sido realizadas o se han retrasado.

Dichas tareas deben ser trasladadas a una fecha posterior de a la fecha actual, para que el proyecto muestre los nuevos cambios de la programación.

2.2.4.4. Curva S.

La curva de avance o curva “S”, representa en un proyecto el avance real respecto al planificado en un período de tiempo, la curva recibe su nombre por su forma, al principio del proyecto hay una tendencia de costos acumulados crecientes, mientras que estos costos acumulados decrecen hacia el final. Es una herramienta que ayuda a conocer, controlar y por lo tanto aplicar las correcciones necesarias ante las posibles desviaciones al programa. [Ver ejemplo Curva S.](#)

2.2.4.5. Curvas de avance.

La programación de las terminaciones de un edificio se realiza por fases, mediante una programación rítmica, a continuación, un ejemplo del control de avance por pisos para fases 1 y 2.

A partir de estos datos de control se realizan las curvas de avance, tal como se muestra en las figuras 6, 7 y 8:

Edificio	Actividades																														
	Entrega de O.G.	Vertical de Alcantarillado	Vertical de Extracción	Limpieza de Cajas y Enlauhado	Pulido y Descarchado	Trazado de Tabiques y Parrillas	Reparación de Rasgos	Rectificación de instalaciones	Reparación de Terrazas	Reforzos de Carpintería	Reforzos de Metales	Carra Incluye Panel Swithcheo	Electricas en Instalaciones	Sanitarias en Tabiques	Parrilla Radiativa	Modificación de Tabiques e Instalaciones	Reforzos para Luminarias	Tabique Zda	Carra (Incluye Plancha para Switches)	Huinchas y Tabiques	Esqueros en Tabiques	Marcos Ventanas	Yeso en Cielo	Volcapol	Cielos Falsos	Remate Canterías Recintos Secos	Hojas Ventanas (Incluye Sellos)	Impermeabilización de Tinas y Entramado Tina	Instalación Tinas y Receptáculos		
% Av. Semanal ACUM	100%	99%	97%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	100%	96%	94%	93%	94%	86%	92%	87%	83%	83%	86%	96%	82%	61%	61%	76%	76%	78%	85%	78.7%	65%	
Unid	depto	un	un	depto	depto	depto	mil	depto	depto	depto	depto	m2	depto	depto	m2	depto	depto	m2	depto	depto	m2	depto	m2	depto	depto	depto	un	depto	depto		
PISO 8	100%	88%	81%	100%	100%	100%	100%	82%	100%	83%	64%	63%	63%	48%	67%	33%	39%	13%	76%	23%	0%	17%	0%	17%	0%	62%	8%	0%			
PISO 7	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
PISO 6	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
PISO 5	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
PISO 4	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
PISO 3	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
PISO 2	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 11: Ejemplo de control de avance de terminaciones

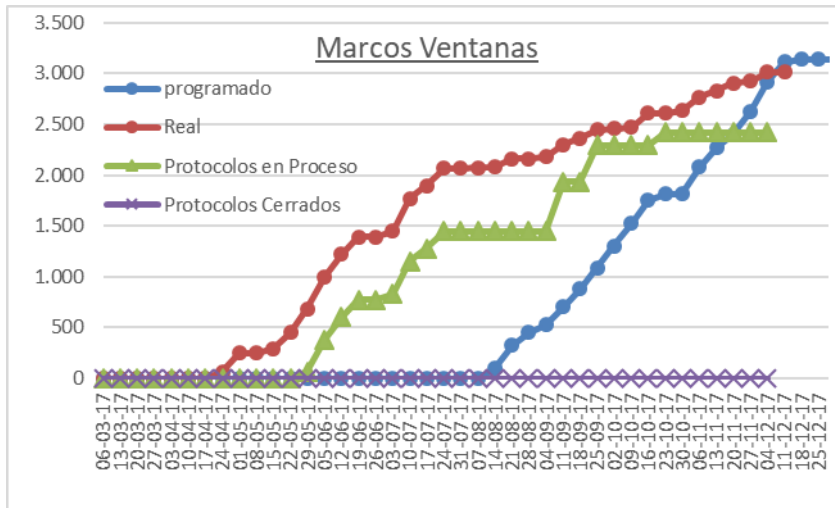


Figura 12: Ejemplo de curva de avance 1

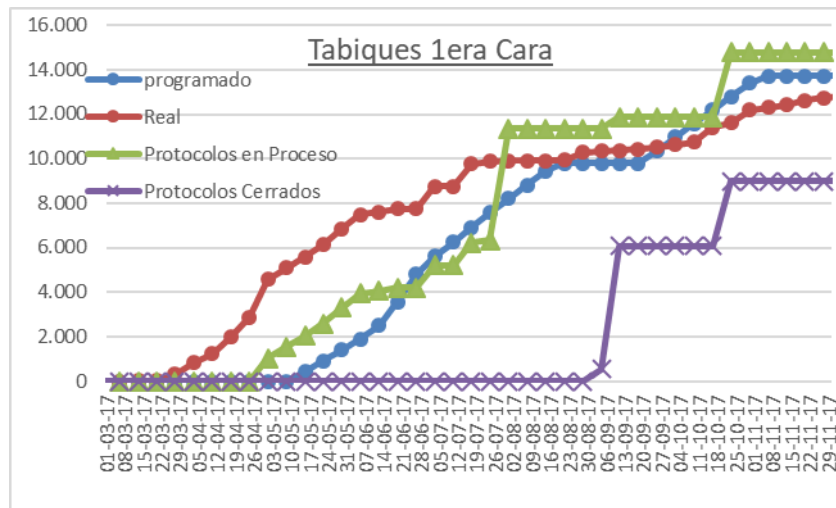


Figura 13: Ejemplo de curva de avance 2

2.2.5. Gestión y control de costos.

Los contratos de construcción tienen asignados un plazo de cumplimiento y un presupuesto a controlar, para esto se han definido los siguientes procesos:

- ❖ **Planificación de los recursos:** Para cada partida o actividad a ejecutar se debe determinar qué recursos físicos de mano de obra, materiales y equipos se requieren y en qué cantidad.
- ❖ **Estimación de costos:** Una vez analizados los recursos requeridos se deben estimar los costos de estos para completar la actividad, haciendo un estudio de los precios unitarios asociados a cada partida.
- ❖ **Presupuesto de costos:** Corresponde a la asignación de todas las estimaciones de costos a cada actividad, con esto se establece un presupuesto base estudiado para cada partida. A este estudio se le llamará “Cierre de la partida”.
- ❖ **Control de costos:** Se refiere a el proceso de monitorear el estado del contrato para actualizar sus costos. El beneficio de este proceso es que proporciona los medios para detectar desviaciones con respecto al presupuesto original con objeto de tomar acciones correctivas y minimizar el riesgo.

2.2.5.1. Plan de cuentas.

Para poder monitorear correctamente el presupuesto asignado, se requiere que el detalle de los precios unitarios sea categorizado, ya que posteriormente lo que se analizará será cada cuenta de costo y categoría.

2.2.5.1.1. Cuenta de costo.

Cuenta de costo corresponde a la familia a la cual pertenece una partida del presupuesto, a modo de ejemplo. [Ver ejemplo Cuenta de costo.](#)

2.2.5.1.2. Categoría de cuenta.

Categoría de cuenta corresponde a la clasificación de cada recurso asignado a la actividad, de acuerdo con el siguiente detalle a modo de ejemplo:

Categoría	Descripción
MAT-GRAL	Materiales generales
MAT-FE	Material fierro
MAT-HORM	Material hormigón
MO DIRECTA	Mano de obra directa
MO INDIRECTA	Mano de obra indirecta
MAQ	Maquinaria
SUBCTO	Subcontrato
GG	Gastos generales

Tabla 2. Códigos categoría de cuentas

Con las categorías anteriormente asignadas, se puede preparar el plan de cuentas de un proyecto. [Ver ejemplo Plan de Cuentas.](#)

2.2.5.2. Estudio de la partida.

El estudio de la partida corresponde al análisis detallado de cada cuenta de costo, haciendo un comparativo entre el presupuesto de contrato y el presupuesto real de obra, donde se deben analizar los recursos que efectivamente se utilizarán para ejecutar la actividad.

Deben señalarse las cubicaciones reales e indicar los precios unitarios obtenidos, ya que serán estos los que se controlarán en el tiempo. [Ver ejemplo Cuadro de Cierre.](#)

Como se puede apreciar en el ejemplo, la principal desviación se produce en la mano de obra, donde en presupuesto de propuesta se consideró un valor de \$1.173/m², pero en realidad se proyecta que se gastarán \$29.351 /m²; con este análisis el resultado de la partida de tabiquería es de \$-1.669.873.

2.2.5.3. Control de mano de obra.

2.2.5.3.1. Detalle de mano de obra.

Una vez realizado el estudio de cada partida se sabrá la mano de obra requerida para un cierto periodo de tiempo. Para poder controlar la proyección de esta mano de obra en el tiempo, a cada persona contratada se le debe asignar el periodo durante el cual trabajará y la cuenta de costos a la cual será asignada. [Ver ejemplo Detalle de mano de obra.](#)

2.2.5.3.2. Detalle de mano de obra por cuenta de costo.

Con la cantidad de recursos de mano de obra obtenido del cierre de la partida más el gasto real de mano de obra del punto anterior se puede controlar el gasto mensual para cada cuenta de costo. [Ver ejemplo Detalle de mano de obra por cuenta de costo.](#)

Como se puede apreciar en el ejemplo, si bien se habían proyectado \$2.201.333 como gasto total de mano de obra, finalmente el gasto real fue de \$1.000.000.

2.2.5.3.3. Análisis de precio unitario de mano de obra

Una de las maneras de analizar el costo de la mano de obra y hacer una buena estimación del gasto real proyectado es analizando el costo de mano de obra por unidad de producción.

En el ejemplo figura se puede apreciar que se proyectó \$29.351 /m² para la partida de tabiquería, en el mes de enero el gasto fue de \$12.500/m², en febrero fue de \$30.769/m². Finalmente, el costo acumulado por m² fue de \$17.778.

Con esta metodología se pueden ir detectando mes a mes las desviaciones. [Ver ejemplo Análisis de precio unitario de mano de obra.](#)

2.2.5.4. Gestión de materiales.

2.2.5.4.1. Control de despachos de material.

La planificación del despacho de materiales debe estar de acuerdo con el programa de obra, con la holgura necesaria para que llegue a tiempo y no perjudique el avance de la obra.

Para esto una vez realizada la planificación de debe llevar un control con las respectivas curvas de seguimiento. [Ver ejemplo Control despachos de material.](#)

Como se puede apreciar en la figura 10. las curvas de despachos siempre estuvieron por debajo de la curva programada.

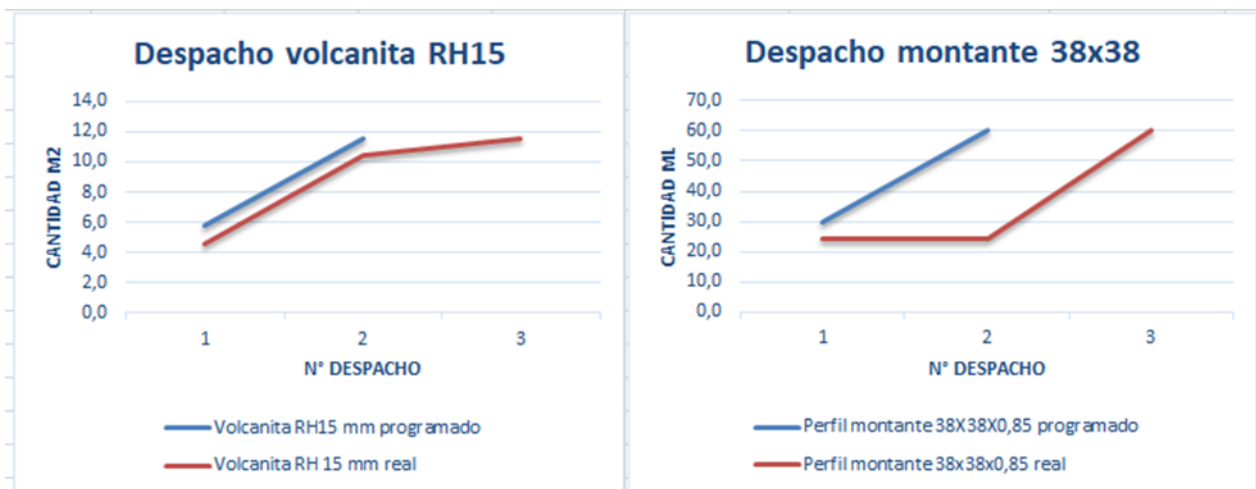


Figura 14: Ejemplo de curvas de despacho

2.2.5.4.2. Control de pérdidas de materiales

Otra de las herramientas necesarias para monitorear los costos de un proyecto es el análisis de pérdidas de los materiales, se requiere para esto:

- ❖ Tener un control de los vales de salida de los materiales a terreno.
- ❖ Tener un detalle claro de los materiales a entregar por área (depto., piso, etc.).
- ❖ Controlar el material acopiado en terreno.

Con esta información se puede realizar un control, ver tabla donde se puede observar que a la fecha se han entregado más planchas de volcanita RH, con un costo de pérdida acumulado de \$6.800.-. [Ver ejemplo Control de pérdida de materiales.](#)

2.2.5.5. Análisis de costos.

2.2.5.5.1. Resultado consolidado de la partida.

Con todos los controles anteriormente descritos, se puede determinar el resultado consolidado de la partida, donde el dato faltante será el gasto real por categoría de cuenta, que podrá obtenerse de algún software de control de gastos como AX, Solomon, etc.

2.2.5.5.2. Seguimiento de la partida

En esta planilla de control se registran lo siguiente:

- ❖ El gasto real por mes y por categoría de cuenta.
- ❖ El gasto ajustado por mes y por categoría de cuenta, que corresponde al gasto requerido para producir el avance a la fecha; se debe corregir, por ejemplo, stock en bodega, valor residual de activos, estados de pagos de subcontratos no presentados, etc.
- ❖ Avance físico de la partida por mes.
- ❖ Precio unitario por categoría, este valor se obtiene de la división entre el costo ajustado y el avance físico del mes. Con este dato se podrá proyectar cuánto finalmente costará la partida.

[Ver ejemplo Seguimiento de la partida.](#)

2.2.5.5.3. Informe de costos del proyecto

El informe de costos de un proyecto es una herramienta de gestión que permite entre otras cosas, proyectar de manera temprana el resultado económico del proyecto.

El concepto utilizado es el de valor ganado versus el valor ajustado; el valor ganado corresponde el ingreso producto de la producción (estado de pago del proyecto) y el valor ajustado corresponde al valor requerido para producir el avance a la fecha.

Con estos datos se define el Ahorro-pérdida acumulado que corresponde a la diferencia entre el avance de Estado de pago acumulado y el Gasto ajustado. Esa columna de Ahorro- pérdida será el indicador del resultado final de la obra. [Ver ejemplo de Informe de costos.](#)

2.3. Last Planner

El Last Planner (Ultimo planificador) se desarrolló a finales de los años 90 por los profesores Ballard y Howell, fundadores del Lean Construction Insitute, el cual consiste en planificar las actividades semanales de forma colaborativa.

Este método busca la planificación confiable en los proyectos de construcción, mediante tres herramientas conocidas como: programación general, programación intermedia y programación semanal.

La programación general, establece las actividades principales, se determinan además tiempos de ejecución, actividades y los recursos destinados al desarrollo óptimo de la edificación.

La programación intermedia, sustentada en la programación general, comprende las actividades en un período entre 4 y 6 semanas, se establecen las restricciones o factores que pueden afectar o impedir el cumplimiento de la actividad y los responsables de superar estas limitaciones.

Finalmente, la programación semanal, contiene una clasificación detallada y minuciosa de las actividades que se desarrollarán en períodos semanales, estableciendo responsables de su cumplimiento. En esta programación se integra el indicador PAC (Porcentaje de actividades completadas) que corresponde a una medición en porcentaje de la confiabilidad de la programación realizada.

El Last Planner busca también determinar las causas de no cumplimiento de las actividades programadas, para de este modo y de forma proactiva, aplicar correcciones y acciones preventivas en el desarrollo del proyecto.

3. Desarrollo del modelo

3.1. Equivalencia entre datos Revit y códigos Presto

Cost-it es un complemento de Revit para Presto que genera el presupuesto completo a partir de la información contenida en el modelo BIM.

Entre los parámetros que existen en Revit y los que existen en Presto, existe una equivalencia, esto permite armar el presupuesto, asociándolo a través del código de montaje, que será igual al código de material de Presto.

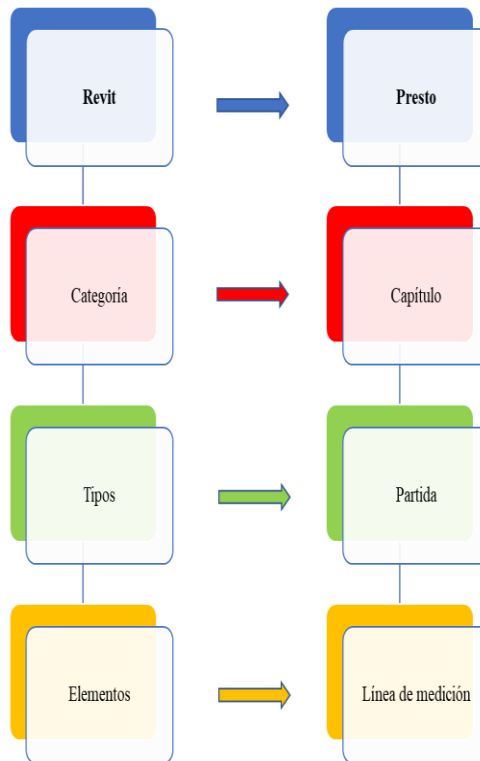


Figura 15: Equivalencia códigos Revit y Presto

Equivalencia entre Propiedades de tipo de Revit y Presto:

- 1 NOMBRE DE TIPO ES EL RESUMEN DE LA PARTIDA
- 2 CODIGO DE MONTAJE ES EL CODIGO DE LA PARTIDA
- 3 DESCRIPCION ES EL TEXTO DE LA PARTIDA
- 4 COSTO ES EL PRECIO DE LA PARTIDA

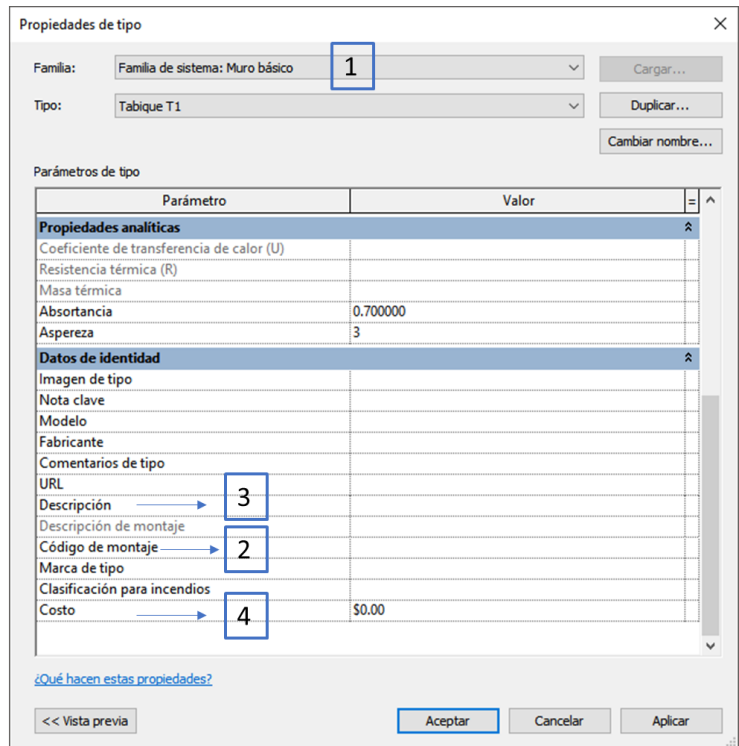


Figura 16:Equivalencia de propiedades de tipo

Equivalencia entre Propiedades de material de Revit y Presto:

- 1 NOMBRE DE MATERIAL ES EL RESUMEN DE LA PARTIDA
- 2 NOTA CLAVE ES EL CODIGO DE LA PARTIDA
- 3 DESCRIPCION ES EL TEXTO DE LA PARTIDA
- 4 COSTO ES EL PRECIO DE LA PARTIDA

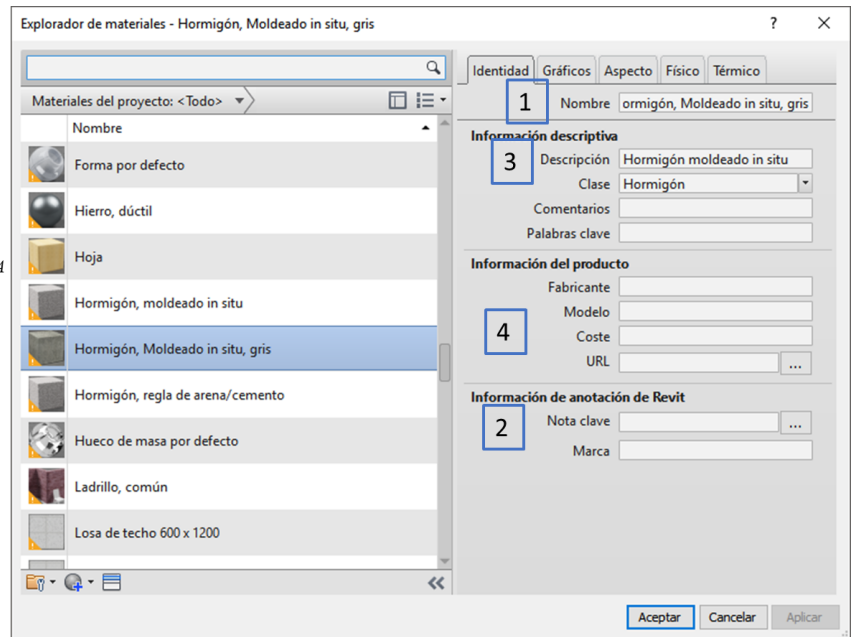


Figura 17:Equivalencia de propiedades de material

3.2. Exportación del modelo

1) Selección de vista 3D:

El primer paso es seleccionar vista 3D en Revit, donde se muestra el modelo completo con nada oculto, si se exporta de este 3D se obtiene todo. Cada uno de los parámetros del modelo se requieren en Presto para poder organizarlo.

En la esquina derecha de Revit, se puede visualizar el complemento Cos-It:

Complemento de Revit para Presto: Cost-it

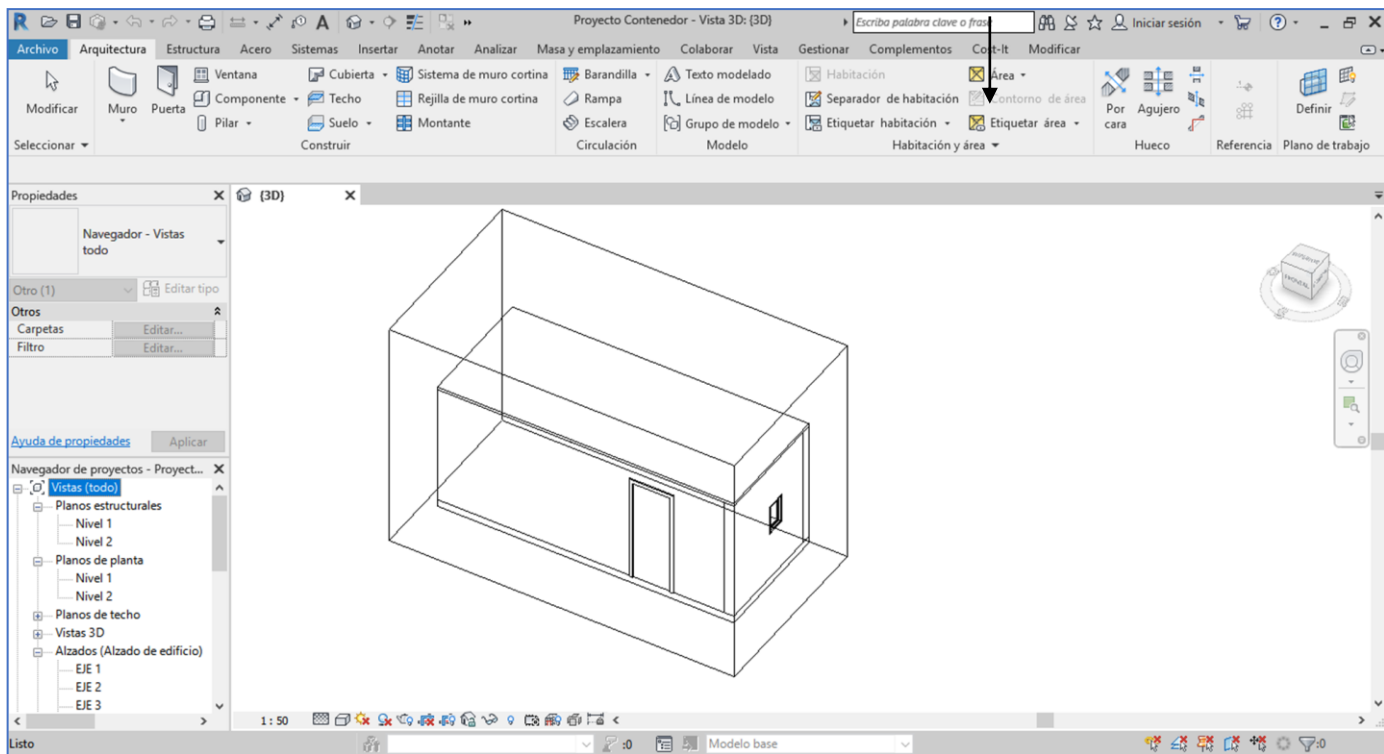


Figura 18: Selección vista 3D en Revit

2) Revisión de errores del modelo:

Antes de la exportación, se recomienda revisar los errores del modelo, los cuales deben ser resueltos antes, para evitar por ejemplo duplicidades de elementos, los cuales pueden alterar las mediciones posteriores.

Para esto se selecciona Gestionar- comprobar avisos en Revit:

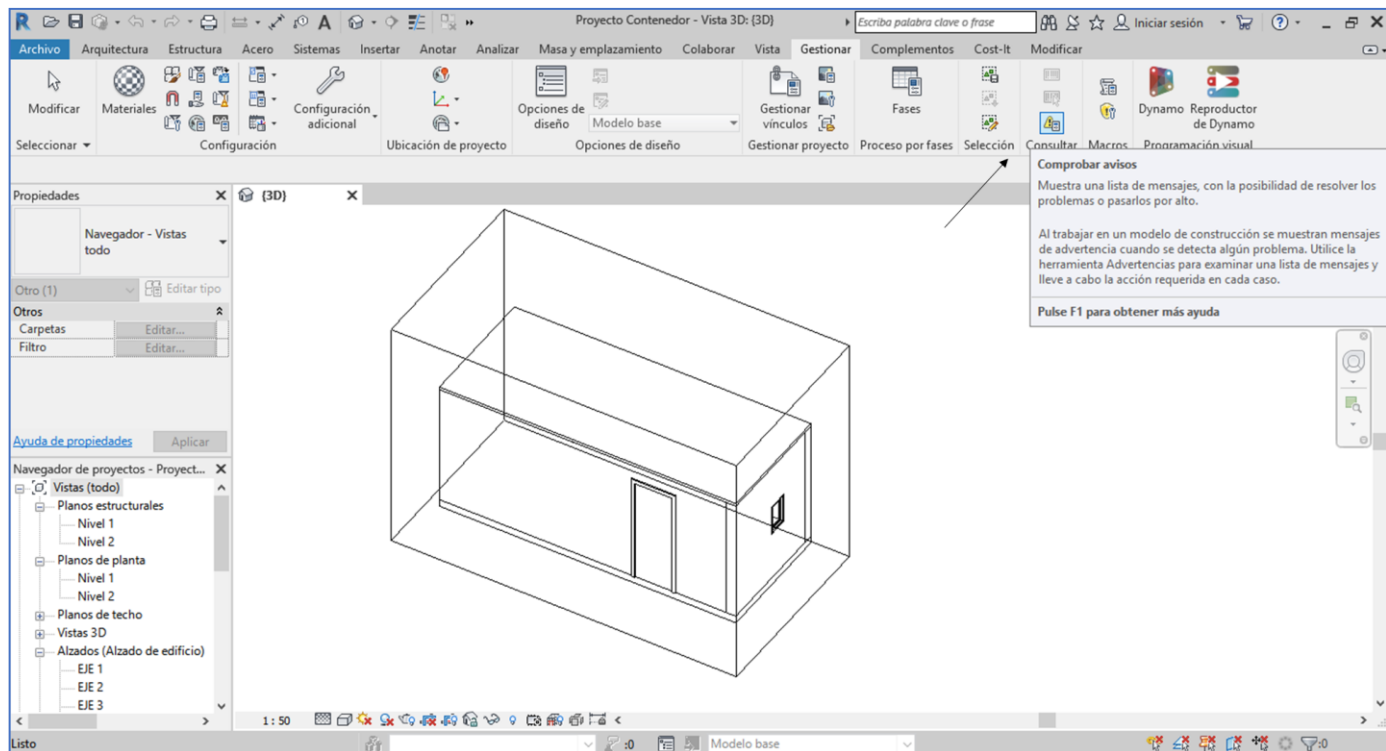


Figura 19:Revisión de errores Revit

3) Selección de módulo Exportar

Una vez resueltos los errores del punto anterior, se procede a seleccionar “Exportar” en la pestaña “Cost-it “de Revit:

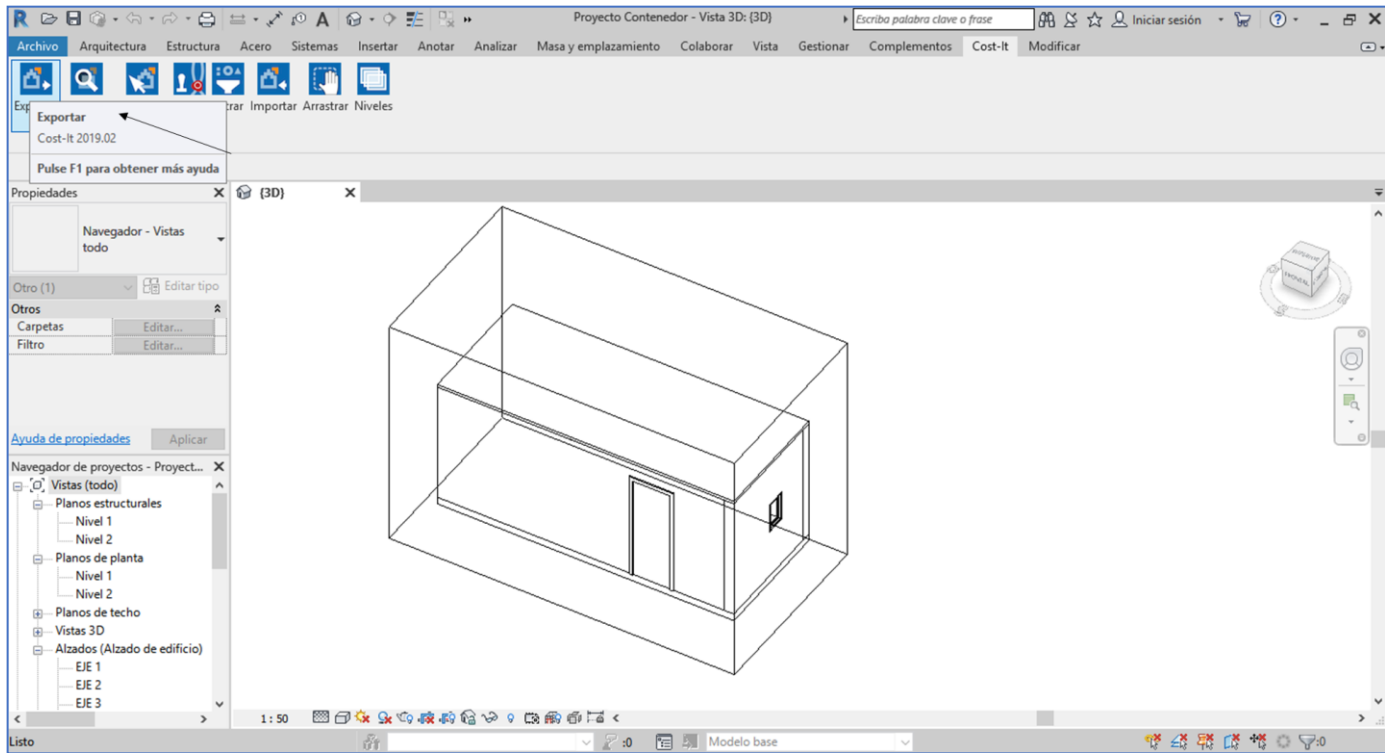


Figura 20: Selección de módulo exportar

4) Visualización de elementos exportados

Durante el proceso de exportación se pueden observar todos los elementos que se van a visualizar en Presto en la pestaña “Estadísticas”, esta opción calcula el número de elementos y materiales que se van a exportar:

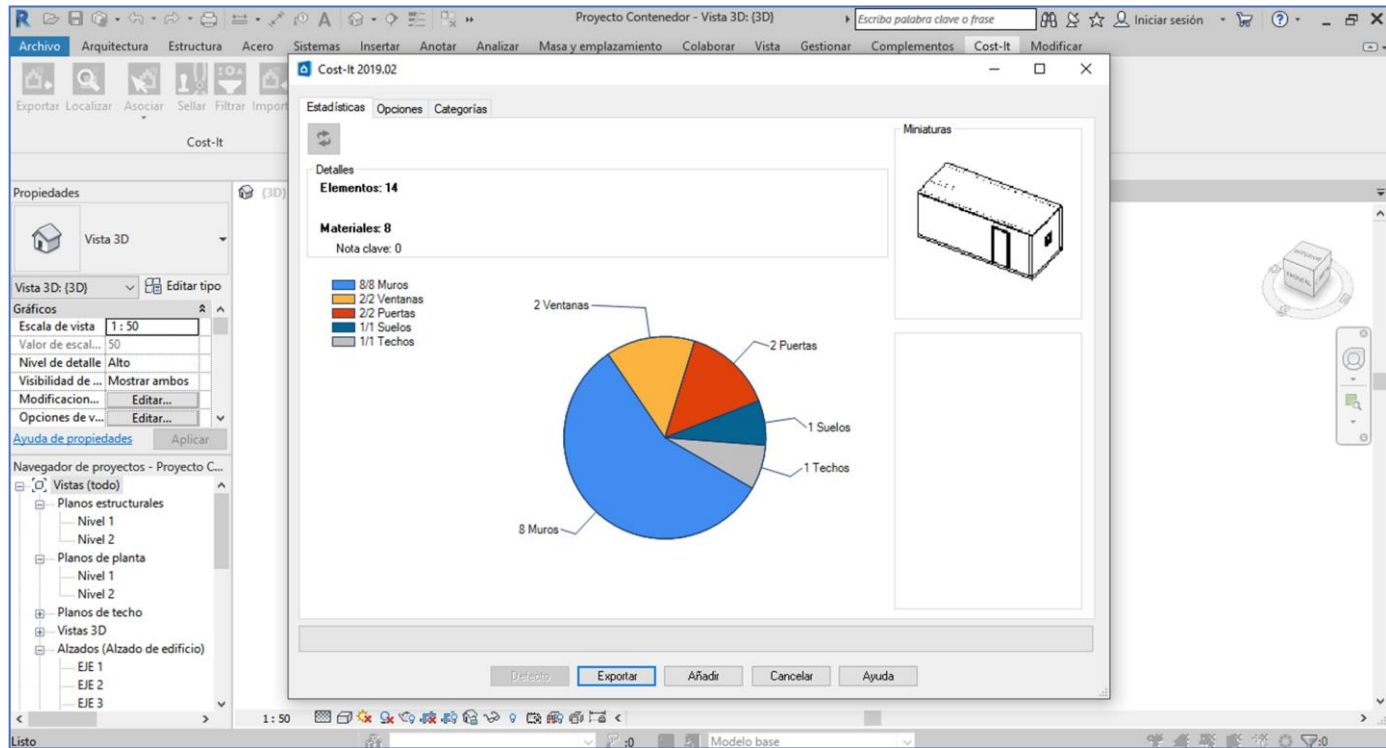


Figura 21: Visualización de elementos exportados

5) Exportación seleccionando código Revit

Se utiliza cuando no se ha codificado el modelo, corresponde al ID de cada formato, al ID de cada tipo, es un dato único de Revit. Se puede observar que cada categoría de Revit corresponde a un capítulo de Presto:

	Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
1/0	Revit			Nombre de proyecto	1		0	0
2/1	- 1 2000032			Suelos	1		0	0
3/2	- 1.1 01763966511d36575635ed50			Suelo	1,00		0	0
4/3	1.1.1 352601			Suelo - RADIER BASE	15,00	m2		
5/1	- 2 2000011			Muros	1		0	0
6/2	- 2.1 ffa15592296ee41928620a0a			Muro básico	1,00		0	0
7/3	2.1.1 336054			Muro básico - Tabique T1	37,90	m2		
8/3	2.1.2 336413			Muro básico - Tabique T2	4,65	m2		
9/1	- 3 2000014			Ventanas	1		0	0
10/2	- 3.1 128644			M_Fijo	1,00		0	0
11/3	3.1.1 19014			M_Fijo - 0406 x 0610mm	2,00	u		
12/1	- 4 2000023			Puertas	1		0	0
13/2	- 4.1 128062			M_Simple-A ras	1,00		0	0
14/3	4.1.1 29795			M_Simple-A ras - 0915 x 2134mm	2,00	u		
15/1	- 5 2000038			Techos	1		0	0
16/2	- 5.1 f158d0e69143b52aa3d4bca			Techo compuesto	1,00		0	0
17/3	5.1.1 7030			Techo compuesto - Simple	15,00	m2		

Figura 22:Resultado de exportación

6) Trazabilidad entre Revit y Presto

Una vez que se han exportado los datos, se puede observar la sincronización entre Revit y Presto. Si se selecciona una partida en Presto, automáticamente se visualiza en Revit, es decir se puede identificar cada elemento que se tiene en Revit en el Presto:

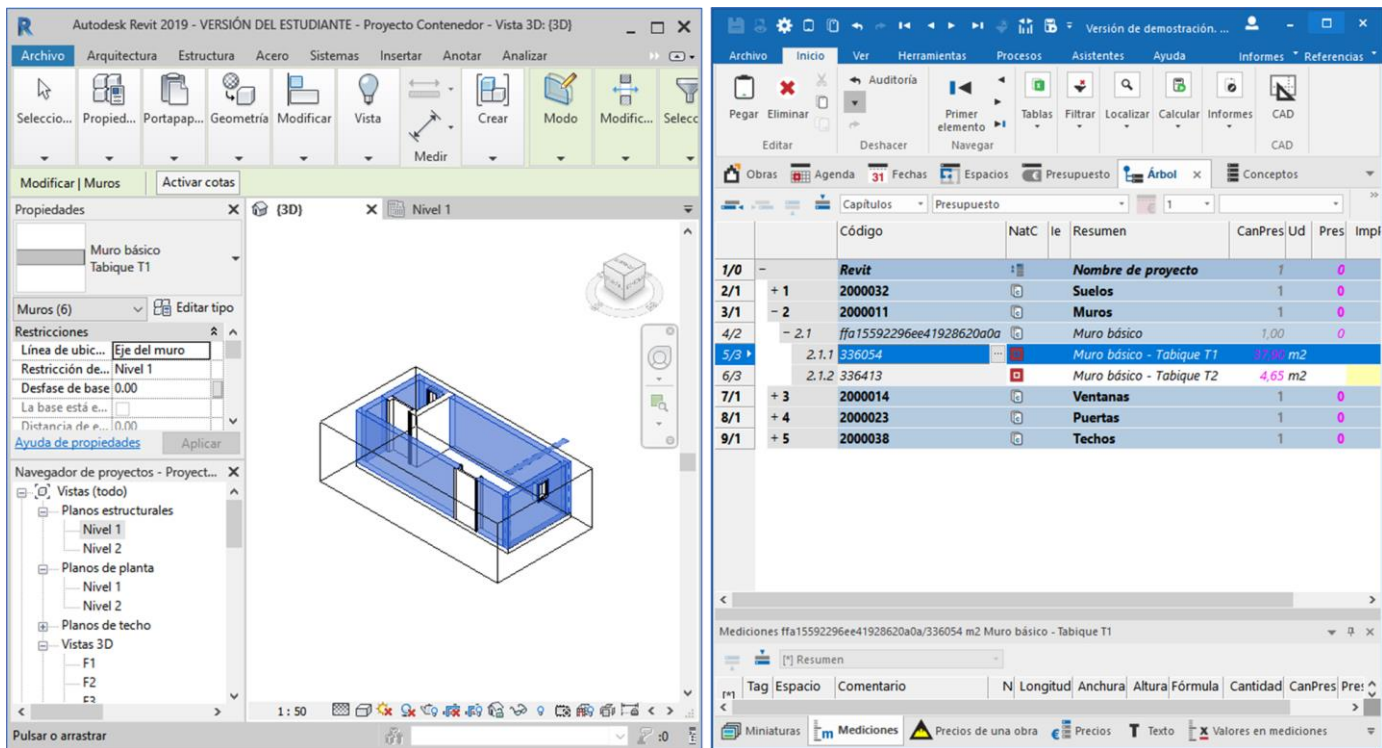


Figura 23:Trazabilidad entre Revit y Presto

Cada elemento de Revit es una línea de medición; en la ventana subordinada de la derecha, se puede observar el detalle de la cubicación e identificarlo en Revit:

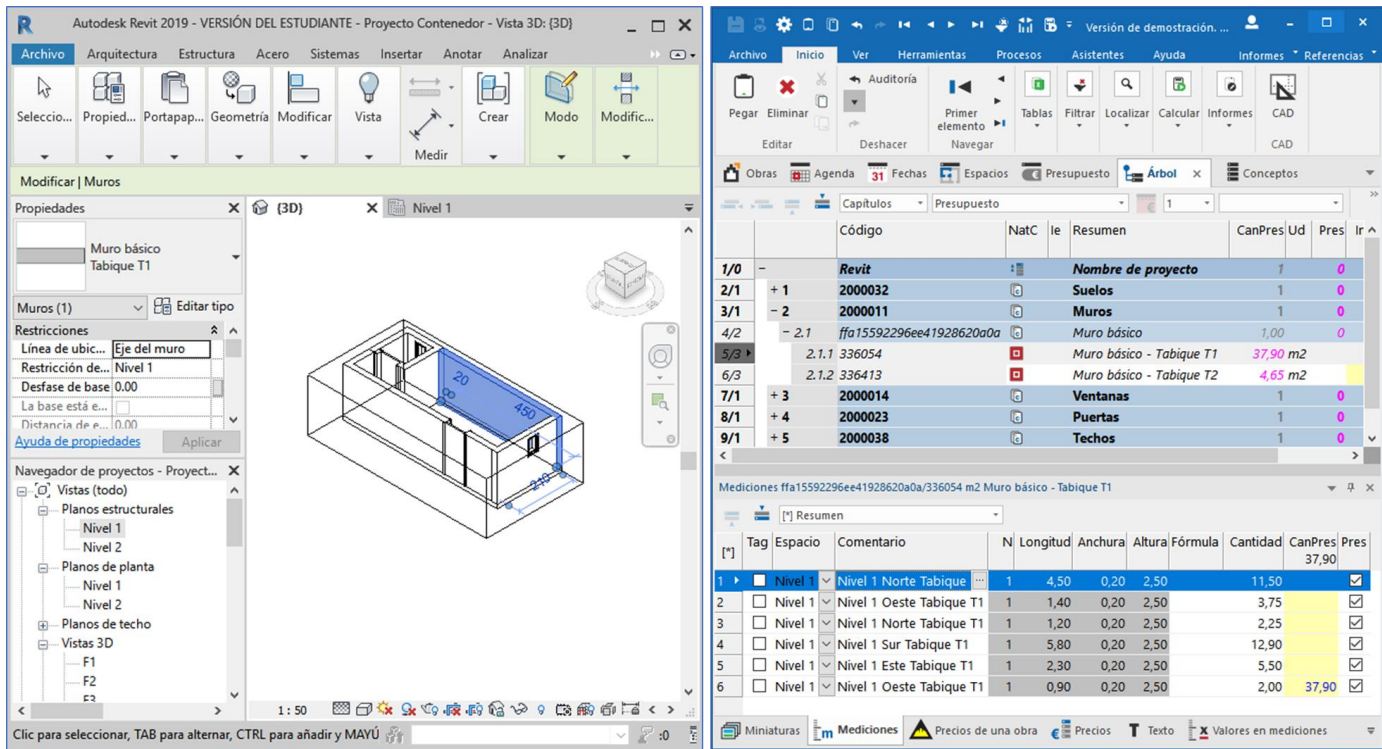


Figura 24:Trazabilidad líneas de medición de Presto en Revit

3.3. Asignación de presupuesto

3.3.1. Base de datos de precios

Para asignar el presupuesto se debe seleccionar una base de datos con los precios definidos para las distintas partidas, para eso Presto cuenta con esa base y se puede ir modificando en la medida que se incorporen nuevas partidas.

Estando en Presto, se selecciona “Referencias”- “Base precios”:

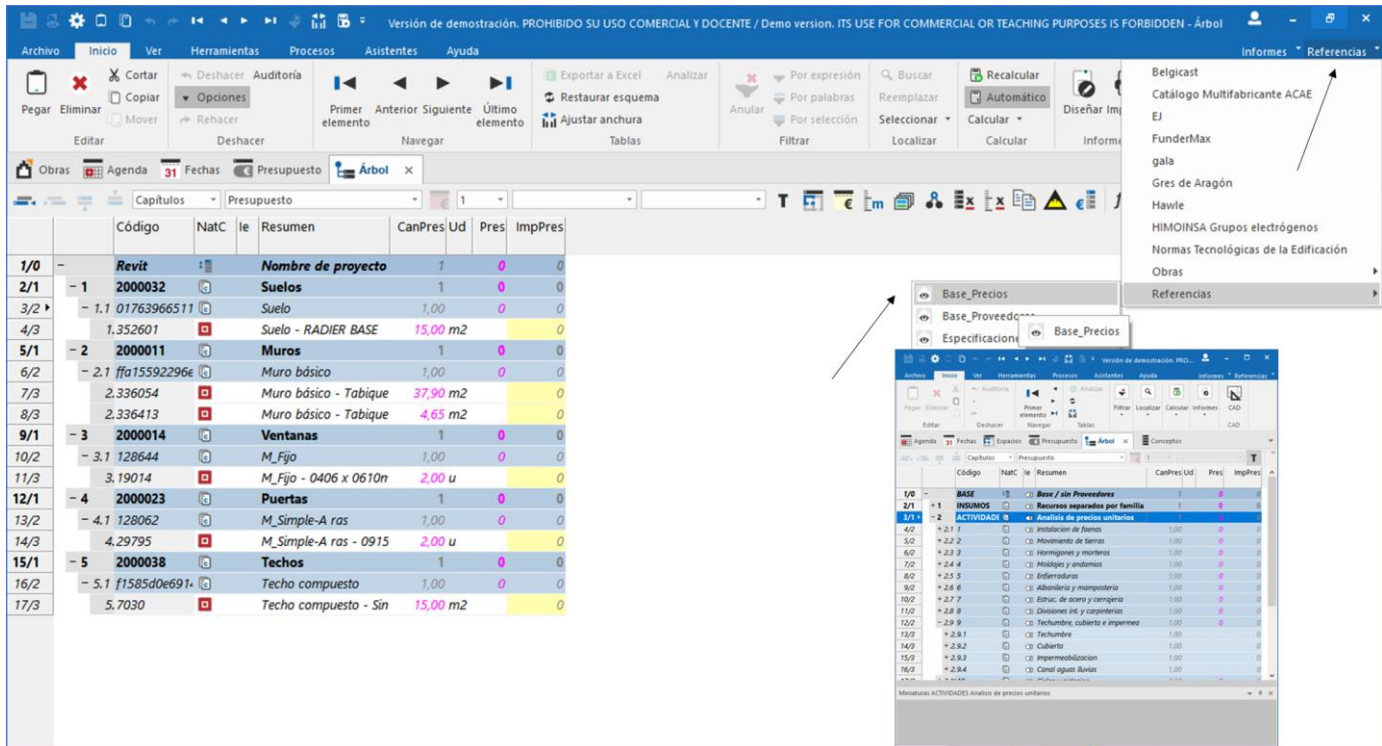


Figura 25: Selección base de datos de precio de Presto

3.3.2. Asociar presupuesto

Para asociar el presupuesto se abren dos ventanas, la de la izquierda corresponde al presupuesto en Presto del modelo en Revit y a la derecha la base de precios:

	Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
1/0	-	Revit		Nombre de proyecto	7	0	0	0
2/1	- 1	2000032		Suelos	1	0	0	0
3/2	- 1.1	01763966511		Suelo	1,00	m2	0	0
4/3	- 1.1	1.352601		Suelo - RADIER BASE	15,00	m2	0	0
5/1	- 2	2000011		Muros	1	0	0	0
6/2	- 2.1	ffa15592296e		Muro básico	1,00	0	0	0
7/3	- 2.1	2.336054		Muro básico - Tabique	37,90	m2	0	0
8/3	- 2.1	2.336413		Muro básico - Tabique	4,65	m2	0	0
9/1	- 3	2000014		Ventanas	1	0	0	0
10/2	- 3.1	128644		M_Fijo	1,00	0	0	0
11/3	- 3.1	3.19014		M_Fijo - 0406 x 0610m	2,00	u	0	0
12/1	- 4	2000023		Puertas	1	0	0	0
13/2	- 4.1	128062		M_Simple-A ras	1,00	0	0	0
14/3	- 4.1	4.29795		M_Simple-A ras - 0915	2,00	u	0	0
15/1	- 5	2000038		Techos	1	0	0	0
16/2	- 5.1	f1585d0e691		Techo compuesto	1,00	0	0	0
17/3	- 5.1	5.7030		Techo compuesto - Sin	15,00	m2	0	0

	Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
1/0	-	BASE		Base / sin Proveedores	7	0	0	0
2/1	+ 1	INSUMOS		Recursos separados por familia	1	0	0	0
3/1	- 2	ACTIVIDADE		Analisis de precios unitarios	1	0	0	0
4/2	+ 2.1			Instalacion de faenas	1,00	0	0	0
5/2	+ 2.2			Movimiento de tierras	1,00	0	0	0
6/2	+ 2.3			Hormigones y morteros	1,00	0	0	0
7/2	+ 2.4			Moldajes y andamios	1,00	0	0	0
8/2	+ 2.5			Enfierraduras	1,00	0	0	0
9/2	+ 2.6			Albanileria y mamposteria	1,00	0	0	0
10/2	+ 2.7			Estruc. de acero y cerrajeria	1,00	0	0	0
11/2	+ 2.8			Divisiones int. y carpinterias	1,00	0	0	0
12/2	- 2.9			Techumbre, cubierta e impermea	1,00	0	0	0
13/3	+ 2.9.1			Techumbre	1,00	0	0	0
14/3	+ 2.9.2			Cubierta	1,00	0	0	0
15/3	+ 2.9.3			Impermeabilizacion	1,00	0	0	0
16/3	+ 2.9.4			Canal aguas lluvias	1,00	0	0	0

Figura 26:Asociación de precios unitarios

En este caso se asociará a la partida de techo el precio de cubierta embaldetada:

The image displays two screenshots of a software application's budget tree interface. The left screenshot shows a tree structure with a 'Techos' node selected. The right screenshot shows a detailed list of items, with an arrow pointing from the 'Techos' node to a specific item: 'Cub. embaldetada 1 cap. fieltro 15lb'.

Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
1/0	-	Revit	Nombre de proyecto	1	0	0	
2/1	- 1	2000032	Suelos	1	0	0	
3/2	- 1.1	01763966511	Suelo	1,00	0	0	
4/3		1.352601	Suelo - RADIER BASE	15,00	m2		
5/1	- 2	2000011	Muros	1	0	0	
6/2	- 2.1	ffa15592296e	Muro básico	1,00	0	0	
7/3		2.336054	Muro básico - Tabique	37,90	m2		
8/3		2.336413	Muro básico - Tabique	4,65	m2		
9/1	- 3	2000014	Ventanas	1	0	0	
10/2	- 3.1	128644	M_Fijo	1,00	0	0	
11/3		3.19014	M_Fijo - 0406 x 0610m	2,00	u		
12/1	- 4	2000023	Puertas	1	0	0	
13/2	- 4.1	128062	M_Simple-A ras	1,00	0	0	
14/3		4.29795	M_Simple-A ras - 0915	2,00	u		
15/1	- 5	2000038	Techos	1	0	0	
16/2	- 5.1	f1585d0e691	Techo compuesto	1,00	0	0	
17/3		5.7030	Techo compuesto - Sin	15,00	m2		

Código	NatC	le	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
26/4	+	P0219	Cubierta colordek-250 pre/pint.	m2	9.909	0	
27/4	+	P0220	Cubierta colordek-400 pre/pint.	m2	8.594	0	
28/4	+	P0221	Teja cuadrada	m2	13.701	0	
29/4	+	P0222	Cubierta teja rectangular	m2	9.581	0	
30/4	+	P0223	Cubierta asf.c/fib.de vid.manville i	m2	4.836	0	
31/4	+	P0224	Cubierta teja alemana piz.	m2	12.074	0	
32/4	+	P0225	Cubierta tejuela 30x60 pizarreno	m2	9.616	0	
33/4	+	P0226	Cubierta canoa piz.sellada 4.88 mt	m2	19.664	0	
34/4	+	P0227	Cubierta tejuela alerce 10x60(impre	m2	9.804	0	
35/4	-	P0228	Cub. embaldetada 1 cap. fieltro 15lb	m2	16.333	0	
36/5		MIB00305	PI zincalum #24 lisa 0,6mm	1,0600	m2	2.473	2.621
37/5		MYC06654	Solda. 50% estaño tipo a	0,0650	kg	11.144	724
38/5		MCB00103	Alamo elaborado	1,5000	pul	3.005	4.508
39/5		MDH04411	Clavo 21/2"x11 (236 unid.)	0,1100	kg	512	56
40/5		MDH00199	Clavo 2"(362 unidades)	0,0500	kg	408	20
41/5		MDH00213	Clavo terrano 1"(570 uni.)	0,0200	kg	1.340	27

Figura 27: Selección de precio unitario para partida techo paso 1

Para eso se reemplaza el código de Revit en Presto por el código de la partida, por ejemplo, P0228, “Cubierta emballetada”, este código será visualizado también en Revit en la pestaña “Propiedades de Tipo”- “Código de montaje”. Luego se selecciona “Herramientas”- “Actualizar”:

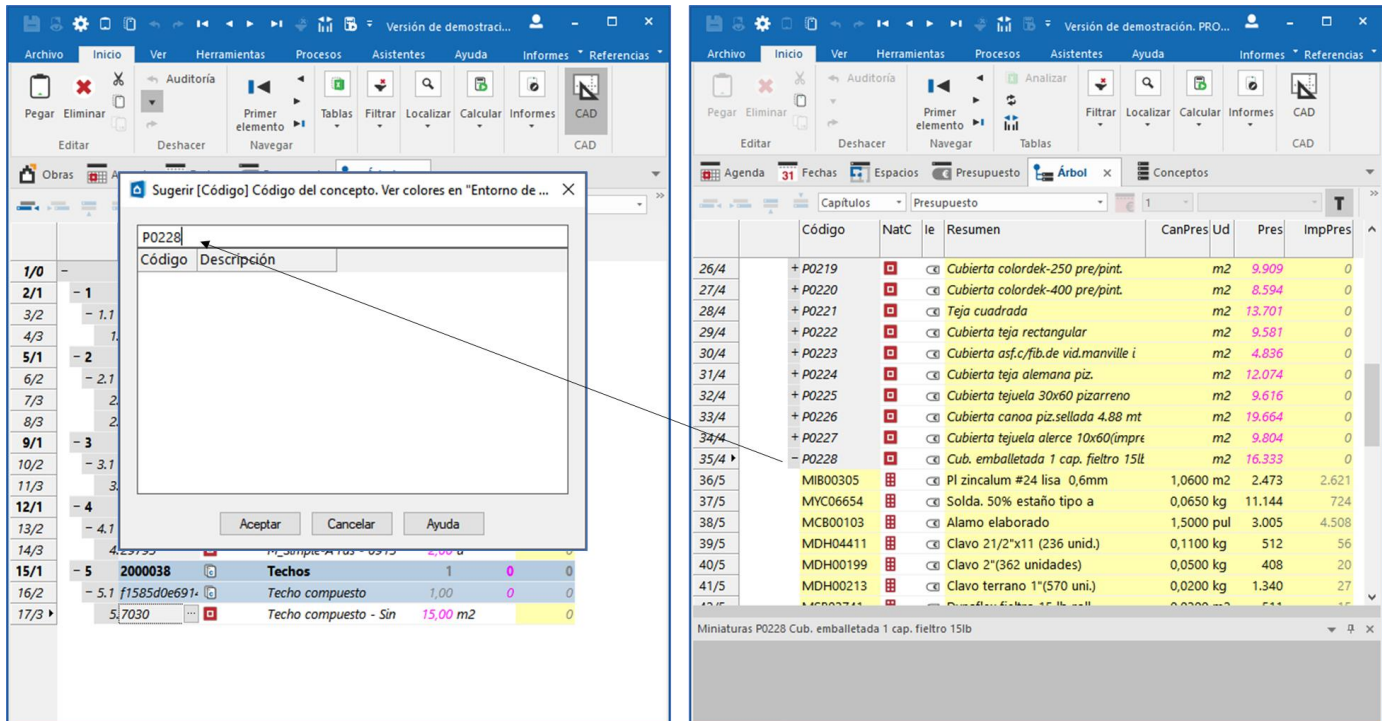


Figura 28: Selección de precio unitario para partida techo paso 2

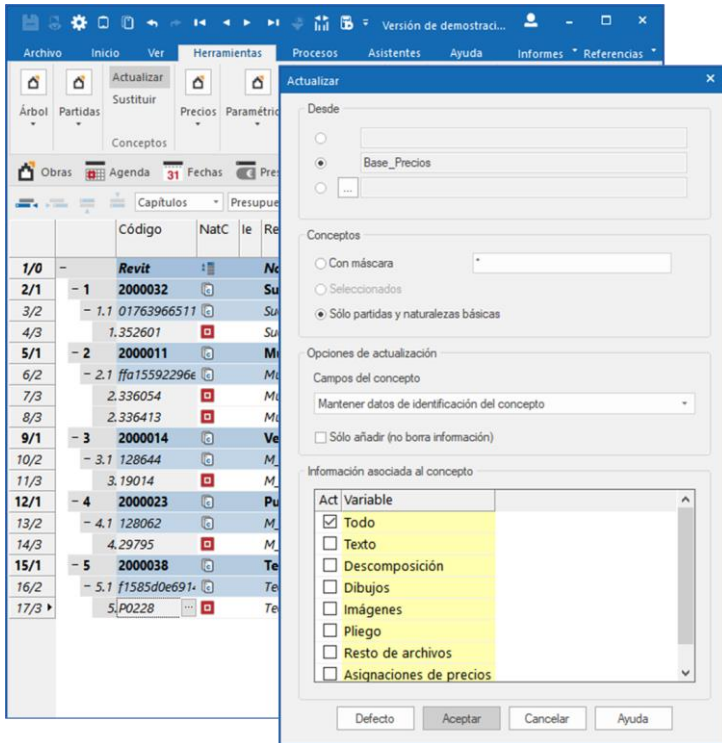


Figura 29: Selección de precio unitario para partida techo paso 3

Se puede observar que cambió el código Revit en Presto y el nombre de la partida; se le asignó además el precio unitario de la base de precios:

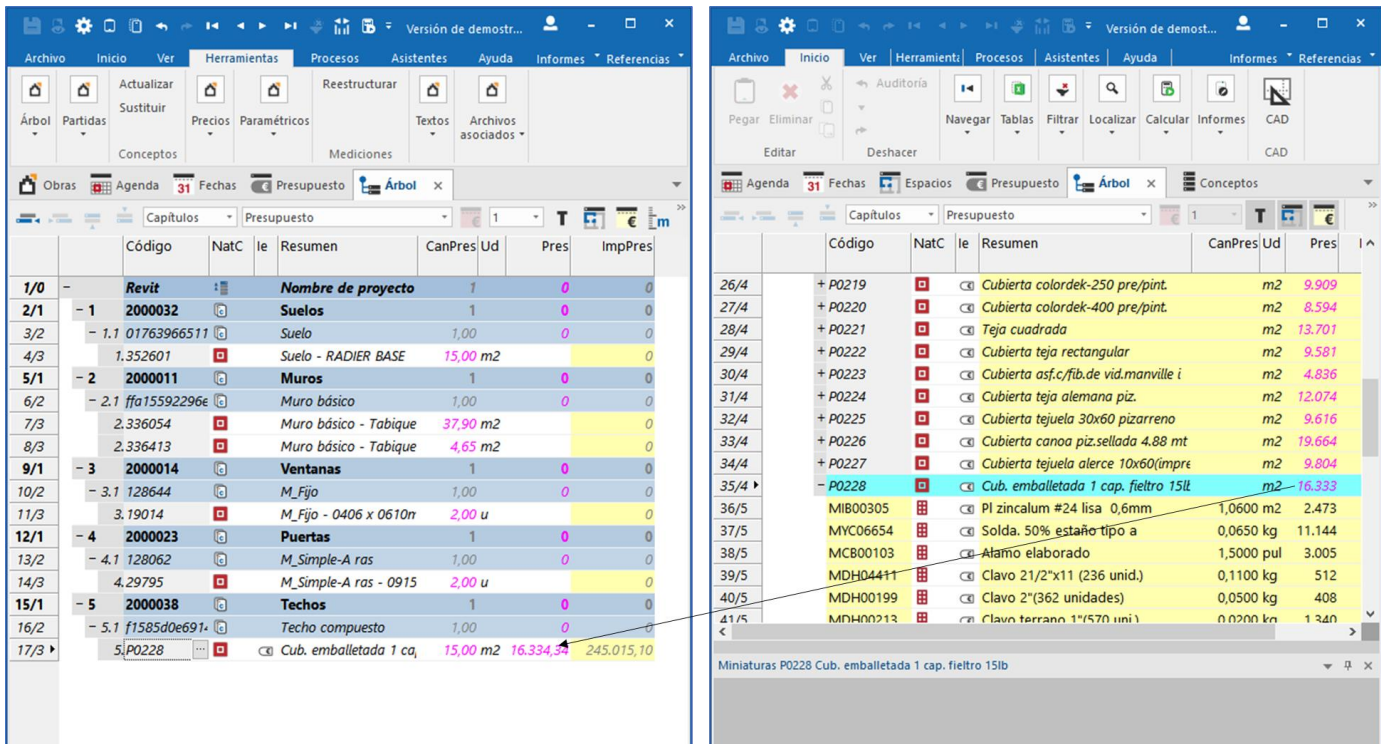


Figura 30: Asociación de precio unitario para partida techo

De la misma manera descrita, se asignan todos los precios a las partidas, obteniéndose el presupuesto final:

		Código	NatC	Ie	Resumen	CanPres	Ud	Pres	ImpPres
1/0	-	Revit			Proyecto Contenedor	1		992.410,16	992.410,16
2/1	- 1	2000032			Suelos	1		73.057,65	73.057,65
3/2	▶	- 1.1	01763966		Suelo	1,00		73.057,65	73.057,65
4/3		1.P0049			Radier de 0.10 212 kg,	15,00	m2	4.870,51	73.057,65
5/1	- 2	2000011			Muros	1		519.902,43	519.902,43
6/2	- 2.1	ffa15592296e			Muro básico	1,00		519.902,43	519.902,43
7/3		2.P0130			Tabique real volcánita	37,90	m2	10.512,68	398.430,57
8/3		2.P0138			Tabique volcometal c/A	4,65	m2	26.122,98	121.471,86
9/1	- 3	2000014			Ventanas	1		65.899,76	65.899,76
10/2	- 3.1	128644			M_Fijo	1,00		65.899,76	65.899,76
11/3		3.P0482			Vent.met.0.8x2 abatir €	2,00	uni	32.949,88	65.899,76
12/1	- 4	2000023			Puertas	1		88.535,22	88.535,22
13/2	- 4.1	128062			M_Simple-A ras	1,00		88.535,22	88.535,22
14/3		4.P0466			Puerta 1 hoja(laurel) 2,	2,00	uni	44.267,61	88.535,22
15/1	- 5	2000038			Techos	1		245.015,10	245.015,10
16/2	- 5.1	f1585d0e691			Techo compuesto	1,00		245.015,10	245.015,10
17/3		5.P0228			Cub. emballetada 1 ca,	15,00	m2	16.334,34	245.015,10

Figura 31: Presupuesto de modelo

3.4. Planificación

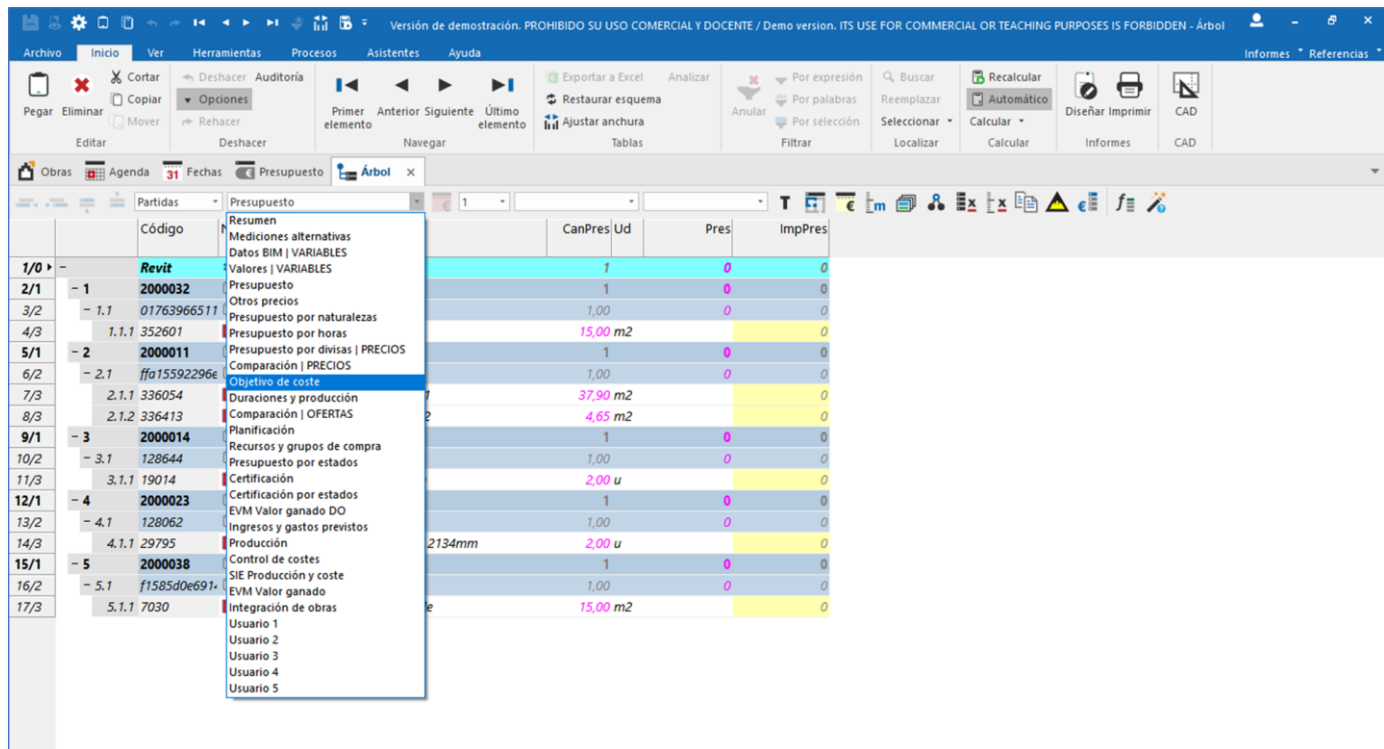
Presto permite realizar dos tareas complementarias con el módulo planificación:

3.4.1. Planificación temporal

Se arma el cronograma con las fechas de ejecución estimada de cada partida en un diagrama de barras en el que se puede visualizar las certificaciones de avance, ruta crítica, etc.

1. Visualización de “Objetivo de coste”

Se selecciona el esquema “Objetivo de coste” para visualizar las columnas objetivo del proyecto, que puede ser distinta al monto del presupuesto:



The screenshot shows a software interface with a table of cost objectives. The table has columns for 'Código', 'Presupuesto', 'CanPres Ud', 'Pres', and 'ImpPres'. A dropdown menu is open over the 'Presupuesto' column, showing various options like 'Resumen', 'Mediciones alternativas', 'Objetivo de coste', etc. The 'Objetivo de coste' option is selected, and the table displays values for various codes, including 'Revit' and '2000032'.

Código	Presupuesto	CanPres Ud	Pres	ImpPres
1/0	Revit	1	0	0
2/1	- 1 2000032	1	0	0
3/2	- 1.1 01763966511	1,00	0	0
4/3	1.1.1 352601	15,00 m2	0	0
5/1	- 2 2000011	1	0	0
6/2	- 2.1 ffa15592296e	1,00	0	0
7/3	2.1.1 336054	37,90 m2	0	0
8/3	2.1.2 336413	4,65 m2	0	0
9/1	- 3 2000014	1	0	0
10/2	- 3.1 128644	1,00	0	0
11/3	3.1.1 19014	2,00 u	0	0
12/1	- 4 2000023	1	0	0
13/2	- 4.1 128062	1,00	0	0
14/3	4.1.1 29795	2134mm	2,00 u	0
15/1	- 5 2000038	1	0	0
16/2	- 5.1 f1585d0e691	1,00	0	0
17/3	5.1.1 7030	15,00 m2	0	0

Figura 32: Visualización de objetivo de costo

2. Definición del “Objetivo de coste”

Al seleccionar “Procesos”- “Generar” se selecciona el porcentaje a aplicar sobre los precios, que finalmente es el que se controlará; en este caso se selecciona el 100%:

	Código	NatC	Resumen	CanPres	CanObj	Ud	Pres	Obj	ImpPres	ImpObj	ImpObjPres	1: Pres	1: Obj	2: Pres	2: Obj
1/0			Revit									00000	00000	00250	002
2/1	- 1	2000032	Suelos		1	1	0	0	0	0	0				
3/2	- 1.1	01763966511	Suelo	1,00	1,00		0	0	0	0	0				
4/3	- 1.1.1	352601	Suelo - RADIER BASE	15,00		m2									
5/1	- 2	2000011	Muros		1	1	0								
6/2	- 2.1	ffa15592296e	Muro básico	1,00	1,00		0								
7/3	- 2.1.1	336054	Muro básico - Tabique T1	37,90		m2									
8/3	- 2.1.2	336413	Muro básico - Tabique T2	4,65		m2									
9/1	- 3	2000014	Ventanas		1	1	0								
10/2	- 3.1	128644	M_Fijo	1,00	1,00		0								
11/3	- 3.1.1	19014	M_Fijo - 0406 x 0610mm	2,00		u									
12/1	- 4	2000023	Puertas		1	1	0								
13/2	- 4.1	128062	M_Simple-A ras	1,00	1,00		0								
14/3	- 4.1.1	29795	M_Simple-A ras - 0915 x 2134mm	2,00		u									
15/1	- 5	2000038	Techos		1	1	0								
16/2	- 5.1	f1585d0e691e	Techo compuesto	1,00	1,00		0								
17/3	- 5.1.1	7030	Techo compuesto - Simple	15,00		m2									

Figura 33:Definición de objetivo de costo

3. Definición de inicio y término de la obra:

En el menú “Ver”- “Propiedades” se selecciona el inicio y término de la obra, para el caso del modelo, la fecha de inicio será 4-03-2019 y el fin 31-05-2019:

The screenshot shows the 'Propiedades' dialog box in a software application. The 'Tiempos' tab is selected, and a table lists various project variables. The table has the following data:

Variable	Tipo	Valor	Descripción	
1	FecPresupuesto	F	04/02/2019	Fecha del presupuesto. Se usa para calcular el IPC
2	FecContrato	F		Fecha de contrato o adjudicación e inicio de la revisión de precios
3	FecLicencia	F		Fecha de la licencia de obras
4	FecInicioObra	F	04/03/2019	Fecha de inicio de la obra. Se usa como inicio de la planificación
5	FecFinObra	F	31/05/2019	Fecha de fin de la obra para la retención de garantía y diagrama de

The dialog box also includes sections for 'Datos', 'Varios', 'Divisas', 'Redondeos', 'Cálculo', 'Contabilidad', 'Seguridad', and 'Tablas'. The 'Tiempos' section is currently expanded to show the date variables.

Figura 34: Definición de inicio y término de obra

4. Definición de fechas de certificación o avance

En el menú “Procesos”- “Crear fechas” se definen los períodos de control de avance o cierres de estados de pago, en este caso se selecciona los días 31, en el caso de requerir medir avance semanal, se debe seleccionar los días 7:

The screenshot displays a software application window with a menu bar and a toolbar. The 'Procesos' menu is open, and the 'Crear fechas' option is selected. A dialog box titled 'Crear fechas' is open, showing the following fields:

- Día inicial: 04/03/2019
- Día de certificación: 31
- Número de meses: 12
- Añadir todos los días del mes

The background shows a table with the following columns: Código, NatC, Resumen, CanPres, canObj, Obj, Pres, Obj, ImpPres, ImpObj, ImpObjPres, 1: Pres, 1: Obj, 2: Pres, 2: C. The table contains project items such as Suelos, Muros, Ventanas, Puertas, and Techos.

Figura 35:Definición de fechas de avance

5. Creación de diagramas de barra

Al seleccionar el menú “Ver”- “Diagrama de barras” se pueden visualizar las tareas programadas de manera de armar la carta Gantt de la obra:

The screenshot shows a software interface with a menu bar and a task list. The 'Ver' menu is open, and 'Diagrama de barras' is selected. The task list is as follows:

Código	NatC	Resumen	CanObj	Ud	DurUnit	ProdDía	Equipos	DurTc
1/0		Revit	Nombre de proyecto		0		1	
2/1	- 1	2000032	Suelos		0		1	
3/2		01763966511	Suelo	1,00	0		1	
4/3	1.1.1	352601	Suelo - RADIER BASE	15,00 m2	0		1	
5/1	- 2	2000011	Muros		0		1	
6/2	- 2.1	ffa15592296e	Muro básico	1,00	0		1	
7/3	2.1.1	336054	Muro básico - Tabique T1	37,90 m2	0		1	
8/3	2.1.2	336413	Muro básico - Tabique T2	4,65 m2	0		1	
9/1	- 3	2000014	Ventanas		0		1	
10/2	- 3.1	128644	M_Fijo	1,00	0		1	
11/3	3.1.1	19014	M_Fijo - 0406 x 0610mm	2,00 u	0		1	
12/1	- 4	2000023	Puestas		1	0	1	
13/2	- 4.1	128062	M_Simple-A ras	1,00	0		1	
14/3	4.1.1	29795	M_Simple-A ras - 0915 x 2134n	2,00 u	0		1	
15/1	- 5	2000038	Techos		1	0	1	
16/2	- 5.1	f1585d0e691*	Techo compuesto	1,00	0		1	
17/3	5.1.1	7030	Techo compuesto - Simple	15,00 m2	0		1	

Figura 36:Selección de Diagrama de barras

6. Definición de la duración de las tareas:

El programa permite definir las duraciones de varias maneras, calculando rendimientos de mano de obra, cantidad de equipos disponibles, etc. En este caso se seleccionarán duraciones estimadas (no reales) para visualizar el ejemplo:

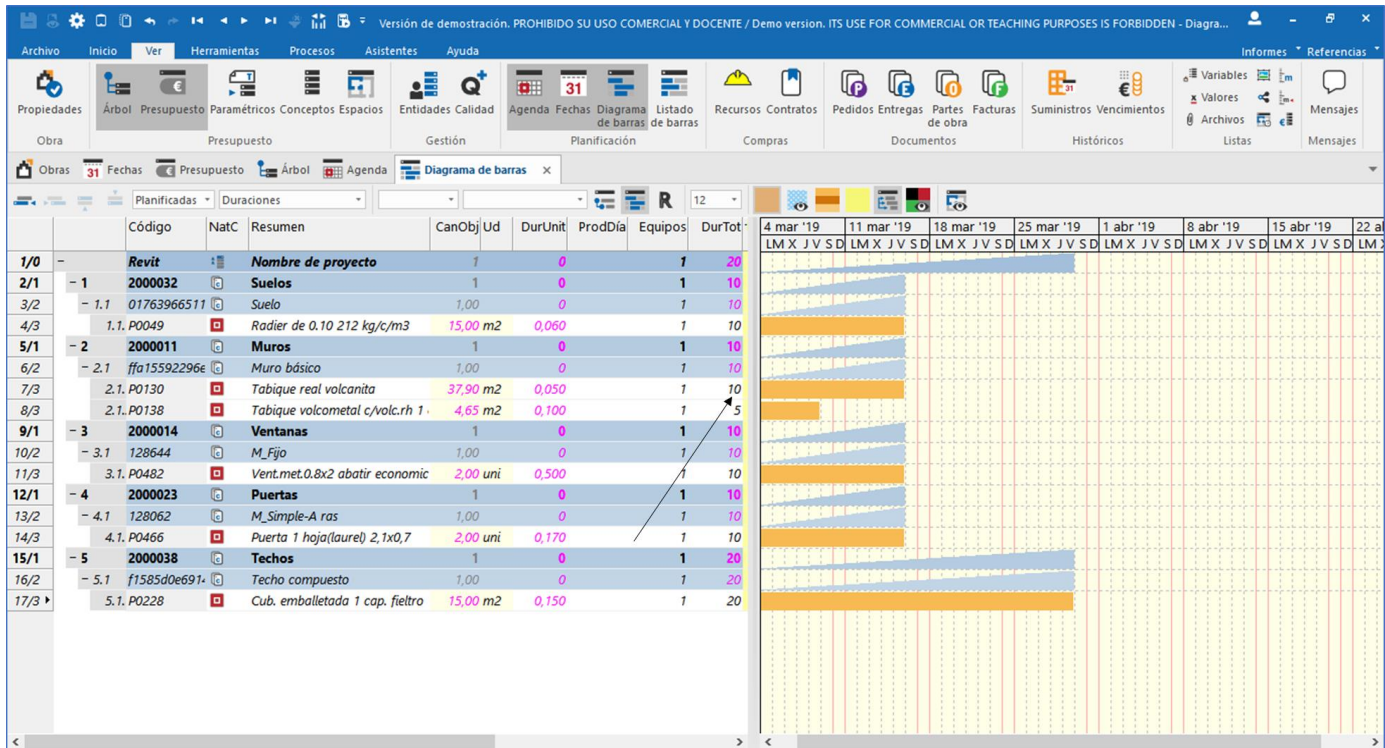


Figura 37:Definición de duración de tareas

7. Creación de vínculos entre las tareas:

El programa permite crear vínculos entre las tareas, definir traslapes y ruta crítica; para efectos del ejemplo se definen vínculos simples de fin-comienzo. De esta forma queda definido el programa con 60 días de duración:

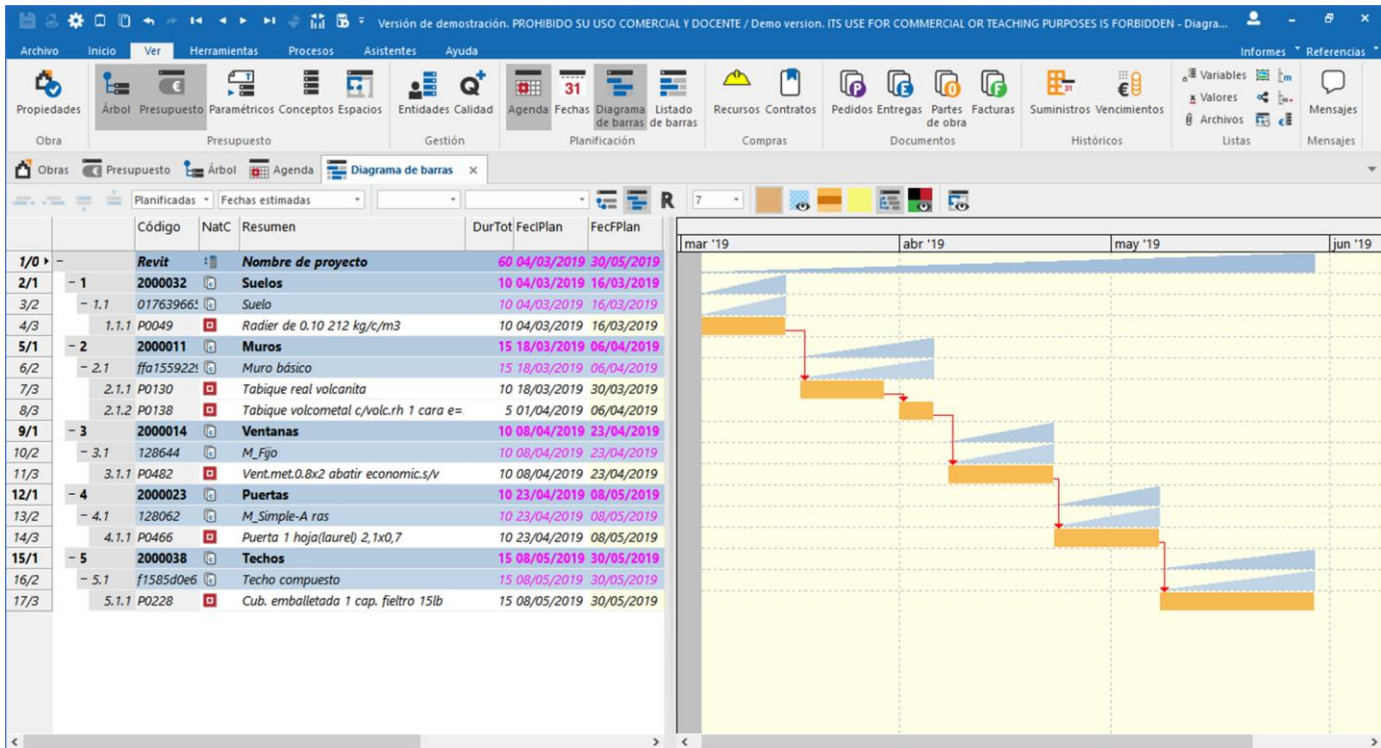


Figura 38: Creación de vínculos entre tareas

3.4.2. Planificación económica

1. Generación de la planificación:

Permite distribuir el presupuesto objetivo en el tiempo, de acuerdo con la planificación del diagrama de barras. Al seleccionar “Procesos”- “Rellenar la planificación económica” se distribuye el presupuesto en el tiempo:

The screenshot displays a software interface with a menu bar, a ribbon, and a data table. The ribbon includes options like 'Rellenar la planificación económica'. A dialog box titled 'Rellenar la planificación económica' is open, showing options for applying data from the Gantt chart and planning weights. The data table below shows project items with columns for code, name, and budget values.

		Código	NatC	Resumen		Pres	Obj	ImpPres	ImpObj	ImpObjPres
1/0	-	Revit		Nombre de proyecto	1	1		992.410,16	992.4...	992
2/1	- 1	2000032	G	Suelos	1	1		73.057,65	73.05...	73
3/2	- 1.1	01763966511	G	Suelo	1,00	1,00		73.057,65	73.057...	73
4/3	+ 1.1.1	P0049	D	Radier de 0.10 212 kg/c/m3	15,00	15,00 m2		4.870,51	4.870,51	73
5/1	- 2	2000011	G	Muros	1	1		519.902,43	519.9...	519
6/2	- 2.1	ffa15592296e	G	Muro básico	1,00	1,00		519.902,43	519.90...	519
7/3	+ 2.1.1	P0130	D	Tabique real volcanita	37,90	37,90 m2		10.512,68	10.512...	398
8/3	+ 2.1.2	P0138	D	Tabique volcometal c/volc.rh 1	4,65	4,65 m2		26.122,98	26.122...	121
9/1	- 3	2000014	G	Ventanas	1	1		65.899,76	65.89...	65
10/2	- 3.1	128644	G	M_Fijo	1,00	1,00		65.899,76	65.899...	65
11/3	+ 3.1.1	P0482	D	Vent.met.0.8x2 abatir economic	2,00	2,00 uni		32.949,88	32.949...	65
12/1	- 4	2000023	G	Puertas	1	1		88.535,22	88.53...	88
13/2	- 4.1	128062	G	M_Simple-A ras	1,00	1,00		88.535,22	88.535...	88
14/3	+ 4.1.1	P0466	D	Puerta 1 hoja(taurel) 2,1x0,7	2,00	2,00 uni		44.267,61	44.267...	88
15/1	- 5	2000038	G	Techos	1	1		245.015,10	245.0...	245
16/2	- 5.1	f1585d0e691	G	Techo compuesto	1,00	1,00		245.015,10	245.01...	245
17/3	+ 5.1.1	P0228	D	Cub. embalitada 1 cap. fieltro	15,00	15,00 m2		16.334,34	16.334...	245

Figura 39: Selección de planificación económica

2. Flujo de obra:

Se obtiene el flujo económico programado de la obra, con la distribución de avances y monto para los tres meses de duración de la obra. Estos datos se pueden exportar a Excel para obtener la “Curva S”:

Objetivo	CanObj	CanPlan Ud	Obj	ImpObj	ImpPlan	1: Plan 1: CanPlan 31-Mar-19 30-Abr-19	2: Plan 2: CanPlan 30-Abr-19 31-May-19	3: Plan 3: CanPlan 31-May-19 30-Jun-19	Referencias
Nombre de proyecto									
1/0	1	1	992.410,16	992.410,16	471.468,22	471.468,22	240.492,75	280.429,19	
2/1	2000032	1	73.057,65	73.057,65	73.057,65	73.057,65			
3/2	01763966511	1,00	73.057,65	73.057,65	73.057,65	73.057,65			
4/3	+ 1.1.1	15,00 m2	4.670,51	73.057,65	73.057,65	15,00			
5/1	2000011	1	519.902,43	519.902,43	398.430,57	398.430,57	121.471,86		
6/2	f1a155922966	1,00	519.902,43	519.902,43	398.430,57	398.430,57	121.471,86		
7/3	+ 2.1.1	37,90 m2	10.512,68	398.430,57	398.430,57	37,90			
8/3	+ 2.1.2	P0138	26.122,98	121.471,86	0	0			
9/1	2000014	1	65.899,76	65.899,76	65.899,76	65.899,76	65.899,76		
10/2	- 3.1	M_fijo	65.899,76	65.899,76	65.899,76	65.899,76	65.899,76		
11/3	+ 3.1.1	Verif.met.0.8x2 abatir economic	2,00	32.949,88	65.899,76	0	2,00		
12/1	2000023	1	88.535,22	88.535,22	88.535,22	88.535,22	53.121,13		
13/2	- 4.1	M_Simple-A ras	88.535,22	88.535,22	88.535,22	88.535,22	53.121,13		
14/3	+ 4.1.1	Puerta 1 Hoja(aurel) 2,1x0,7	2,00	44.267,61	88.535,22	0	2,00		
15/1	2000038	1	245.015,10	245.015,10	245.015,10	245.015,10	245.015,10		
16/2	- 5.1	f1585d0e691	245.015,10	245.015,10	245.015,10	245.015,10	245.015,10	245.015,10	
17/3	+ 5.1.1	Cap. emballada 1 cap. filtro	15,00	16.334,34	245.015,10	0	15,00	245.015,10	

Figura 40: Flujo económico del proyecto

3.4.3. Simulación

“Plan-it” es la suma de herramientas que involucran los módulos “Cost-it” y “de Planificación” de Presto. Su función es la simulación en forma dinámica de la planificación en el modelo de Revit.

1. Selección de colores de las fases e inicio del proceso

En el módulo “Ver - Fechas” se seleccionan los colores para que sean visualizados en la simulación. Las fases corresponden a las que se definieron al inicio, en este caso son tres: el 31-03-19, 30-04-19 y el 31-05-19. Cada elemento se dibuja con un grado de transparencia en proporción al plazo transcurrido, si se ha iniciado será translúcido y si está terminado se verá opaco.

En Revit se selecciona una vista 3D y en Presto se selecciona el módulo “Procesos-BIM 4D en Revit”, se indica el plazo completo de la obra y en visualización se selecciona “Ver planificación por semanas”.

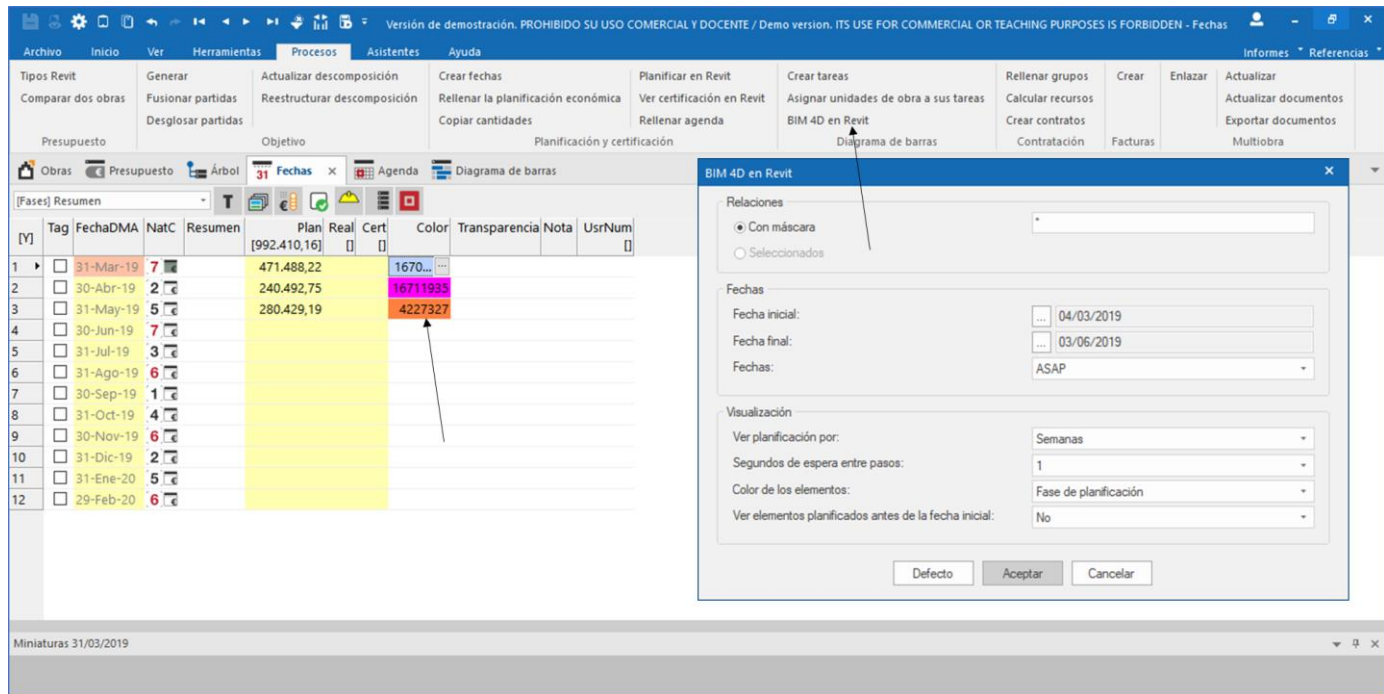


Figura 41: Generación de simulación de planificación

2. Resultado de la simulación

En el siguiente enlace: [Simulación](#) se puede ver el video de la planificación en el modelo de Revit. En la figura siguiente se pueden observar pantallazos de la planificación, donde cada color representa una fase (en este caso un mes) y su evolución cada semana:

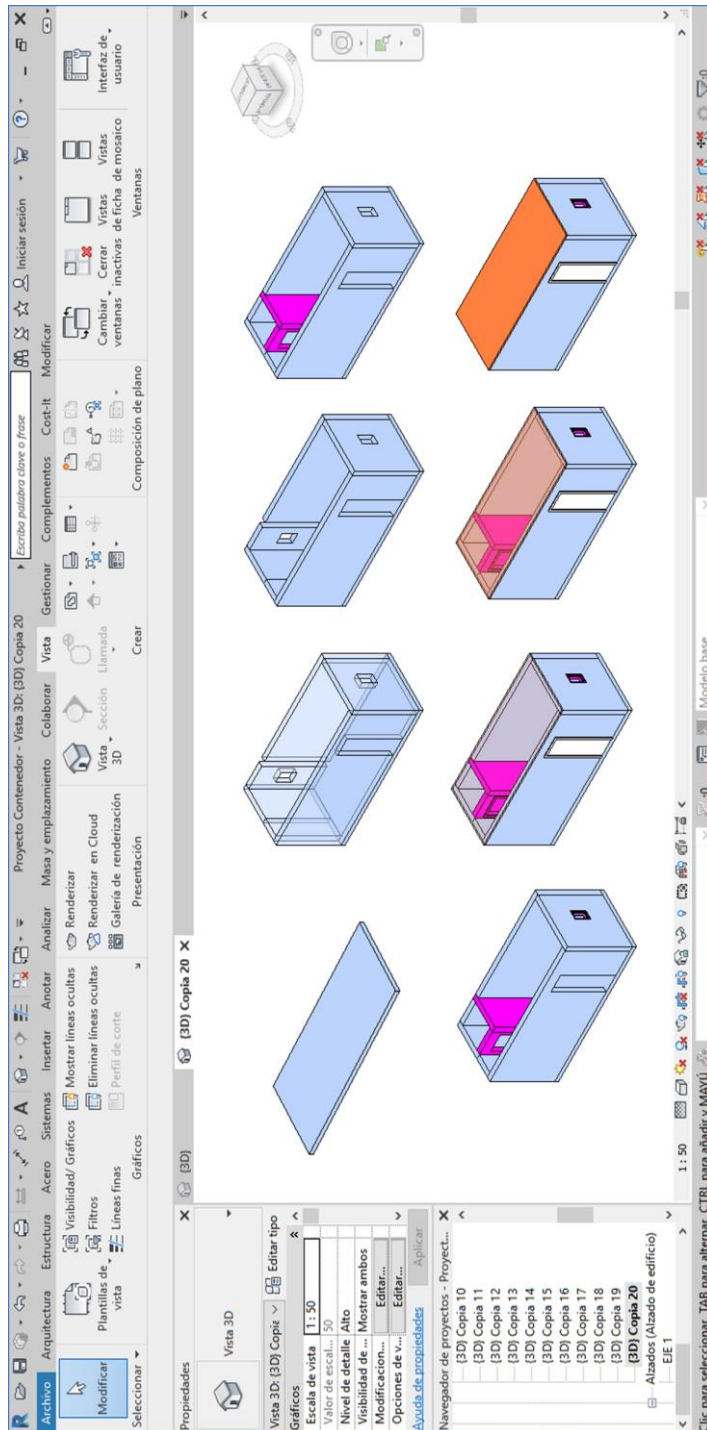


Figura 42: Pantallazos simulación de planificación

3.4.4. Certificación o avances

1. Ingreso de avance físico

Para ingresar el avance físico de las partidas se selecciona la pestaña “Partidas”- “Certificación” y en la ventana subordinada “Líneas de medición” se actualiza el avance físico de la partida. Para este caso se define que al 31-03-2019 el radier tiene un avance del 100%, el tabique tipo 1 tiene un avance del 50% y el tabique tipo 2 tiene un avance del 100%:

Código	NatC	Resumen	CanPres	CanCertAct	CanCert	Ud	€	ImpPres	ImpCertAct	ImpCert	PorCertPres	1: CanCert	1: Cert	2: CanCert
1/0	-	Revit					393.744,00	992.410,16	393.744,00	393.744,00	39,69			
2/1	- 1	2000032	Suelos	1	1	1	73.057,65	73.057,65	73.057,65	73.057,65	100,00			
3/2	- 1.1	01763966511d36575635ed50	Suelo	1,00	1,00	1,00	73.057,65	73.057,65	73.057,65	73.057,65	100,00			
4/3	+ 1.1.1	P0049	Radier de 0.10 212 kg/c/m3	15,00	15,00	15,00 m2	4.870,51	73.057,65	73.057,65	73.057,65	100,00	15,00	73.057,65	
5/1	- 2	2000011	Muros	1	1	1	320.687,15	519.902,43	320.687,15	320.687,15	61,68			
6/2	- 2.1	ffa15592296ee41928620a0a	Muro básico	1,00	1,00	1,00	320.687,15	519.902,43	320.687,15	320.687,15	61,68			
7/3	+ 2.1.1	P0130	Tabique real volcanita	37,90	18,95	18,95 m2	10.512,68	398.430,57	199.215,29	199.215,29	50,00	18,95	199.215,29	
8/3	+ 2.1.2	P0138	Tabique volcometal c/volc.rh 1 cara e=90	4,65	4,65	4,65 m2	26.122,98	121.471,86	121.471,86	121.471,86	100,00	4,65	121.471,86	
9/1	- 3	2000014	Ventanas	1	1	1	0	65.899,76	0	0	0			
10/2	- 3.1	128644	M_Fijo	1,00	1,00	1,00	0	65.899,76	0	0	0			
11/3	+ 3.1.1	P0482	Vent.met.0.8x2 abatir economic.s/v	2,00	0	uni	32.949,88	65.899,76	0	0	0			
12/1	- 4	2000023	Puertas	1	1	1	0	88.535,22	0	0	0			
13/2	- 4.1	128062	M_Simple-A ras	1,00	1,00	1,00	0	88.535,22	0	0	0			
14/3	+ 4.1.1	P0466	Puerta 1 hoja(laurel) 2,1x0,7	2,00	0	uni	44.267,61	88.535,22	0	0	0			
15/1	- 5	2000038	Techos	1	1	1	0	245.015,10	0	0	0			

[V]	Espacio	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Fórmula	Cantidad	CanPres	Pres	FaseCert	CanCert	EstadoPres
1	Nivel 1	Nivel 1 Sur Tabique T2	1	1,10	0,20	2,50		0,90	4,65	<input checked="" type="checkbox"/>	1	4,65	Presupuesto inicial
2	Nivel 1	Nivel 1 Este Tabique T2	1	1,40	0,20	2,50		3,75	4,65	<input checked="" type="checkbox"/>	1	4,65	Presupuesto inicial

Figura 43: Ingreso de avances físicos de partidas

2. Simulación de certificación

“Build-it” es la suma de herramientas que involucran los módulos “Cost-it” y “Gestión del proyecto” de Presto. Su función es la simulación en forma dinámica de la certificación o avance en el modelo de Revit.

En Revit se selecciona una vista 3D y en Presto se selecciona el módulo “Procesos”- “Ver certificación en Revit”:

[Y]	Tag	FechaDMA	NatC	Resumen	Plan	Real	Cert	Color	Transparencia	Nota	UsrNum
1		31-Mar-19	7		471,488,22			1670...			
2		30-Abr-19	2		240,492,75			16711935			
3		31-May-19	5		280,429,19			4227327			
4		30-Jun-19	7								
5		31-Jul-19	3								
6		31-Ago-19	6								
7		30-Sep-19	1								
8		31-Oct-19	4								
9		30-Nov-19	6								
10		31-Dic-19	2								
11		31-Ene-20	5								
12		29-Feb-20	6								

Figura 44: Generación de simulación de avances

A continuación, se activa la visualización en el modelo de todos los elementos ejecutados a la fecha, donde se puede observar:

- El radier se colorea en el color de la fase porque es una tarea que está al día al 31-03-19.
- Los tabiques tipo 1 se colorean en rojo porque están atrasados a esa fecha.
- El tabique tipo 2 se colorea en verde porque está adelantado de acuerdo con el programa.

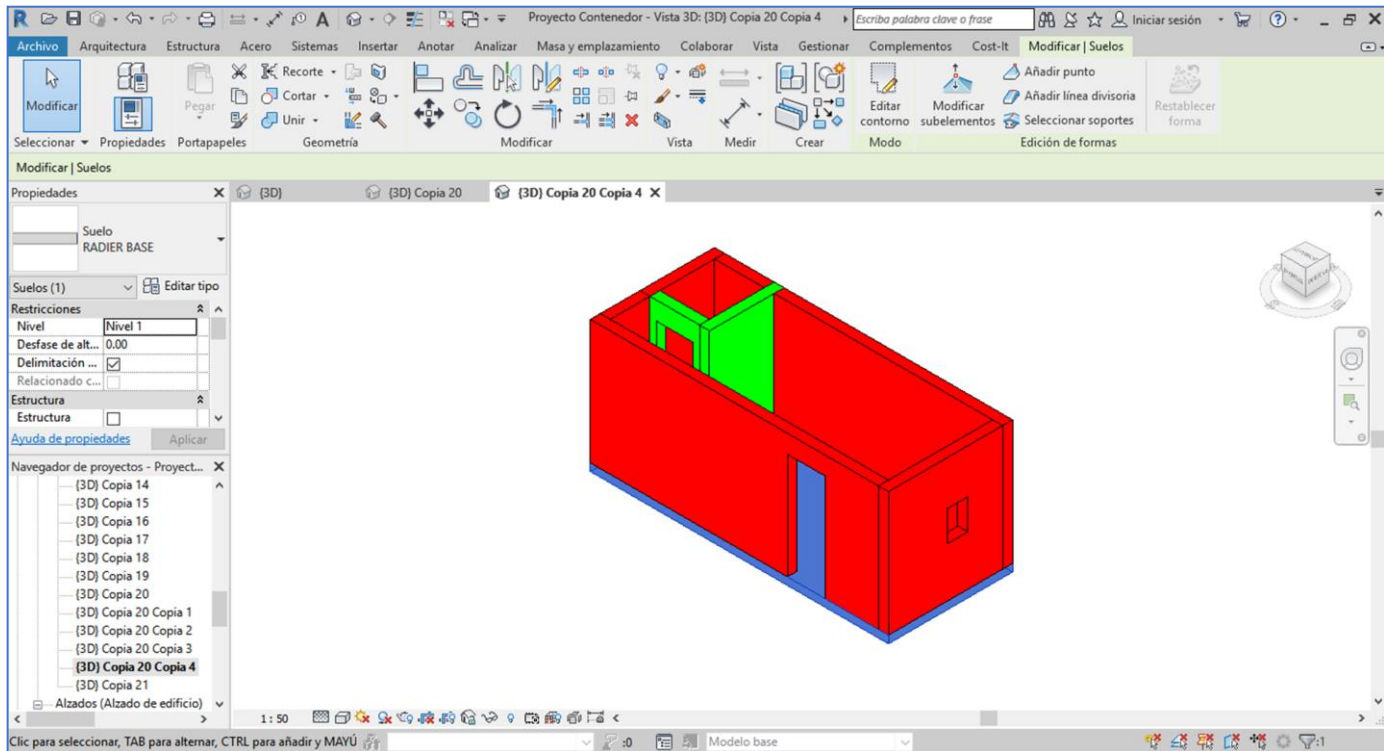


Figura 45: Simulación de avance físico del modelo

4. Aplicación del modelo específico

4.1. Procedimiento

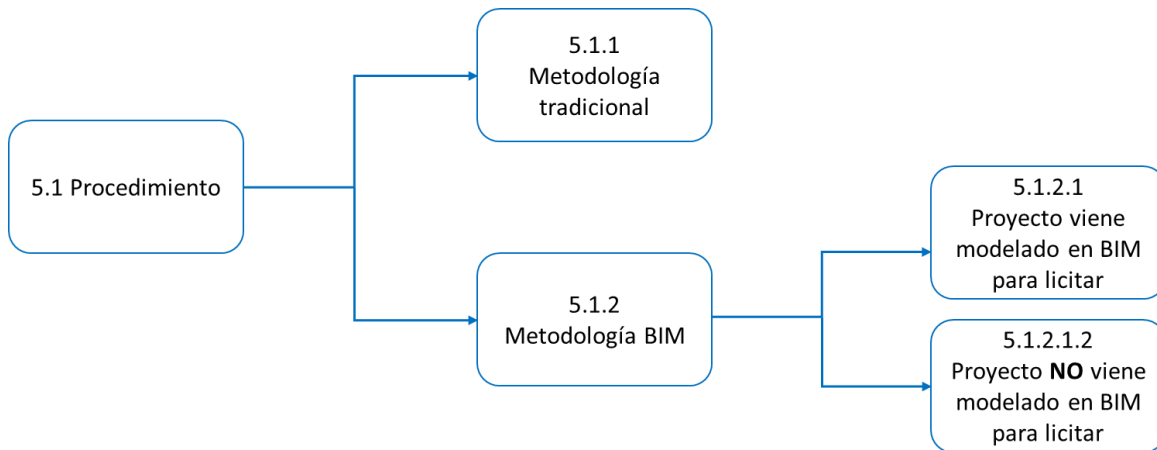


Figura 46:Esquema capítulo 4.1

4.1.1. Metodología tradicional

La forma de abordar un proyecto de la manera tradicional es la siguiente:

Etapa licitación:

1. Se reciben los planos en 2D en AutoCAD.
2. Se cubica manualmente cada elemento de los planos de acuerdo con las especificaciones técnicas. [Ver Formato de cubicaciones.](#)
3. A través del software Presto se genera manualmente el presupuesto, haciendo un barrido de todos los elementos cubicados.
4. Se genera el programa de obra utilizando el software Project, donde se define el plazo que se ofrecerá.

Etapa inicio de obra:

1. Una vez que se adjudica el proyecto, este presupuesto obtenido de Presto, se ingresa al ERP que corresponde a “*Enterprise Resource Planning*” que significa “*Sistema de planificación de recursos empresariales*”, en este caso AX y se genera el plan de cuentas de la obra, que permitirá controlar los costos en la etapa de construcción, ver [Plan de cuentas.](#)
2. Una vez iniciada la construcción del proyecto, se reciben los planos aptos para construir en 2d en AutoCAD.

3. Se vuelve a cubicar manualmente todo el proyecto. [Ver Formato de cubicaciones.](#)
4. Se evalúan posibles obras extras, una vez que se comparan los planos de propuesta v/s los planos de construcción.
5. Se generan cuadros comparativos manualmente, buscando todas las líneas en el presupuesto que correspondan a la misma partida, esto para adjudicar cada partida a un subcontrato o proveedor.
6. Se genera nuevamente el programa de obra utilizando el software Project y se implementan curvas de avance por partidas y curva financiera.
7. A través del ERP se realizan órdenes de compra, recepción de materiales, contratos de subcontratos, estados de pago de subcontratos.
8. Los sueldos de los trabajadores se generan a través de un software de gestión de recursos humanos, en este caso Payroll, cuya información viaja también al ERP.

Etapa ejecución de obra:

1. Una vez al mes se realiza el informe de costos donde se ingresa al ERP el valor ganado, es decir el estado de pago aprobado por el mandante, donde se certifican los avances de la obra, ver [Análisis de costos.](#)
2. En el ERP finalmente quedan registrados tanto los gastos como los ingresos del proyecto, por lo tanto, se pueden hacer proyecciones de gastos y proyectar el resultado de la obra.
3. Se implementan controles semanales de avance, mediante curvas por partidas, ver [Planificación y Control de proyectos.](#)

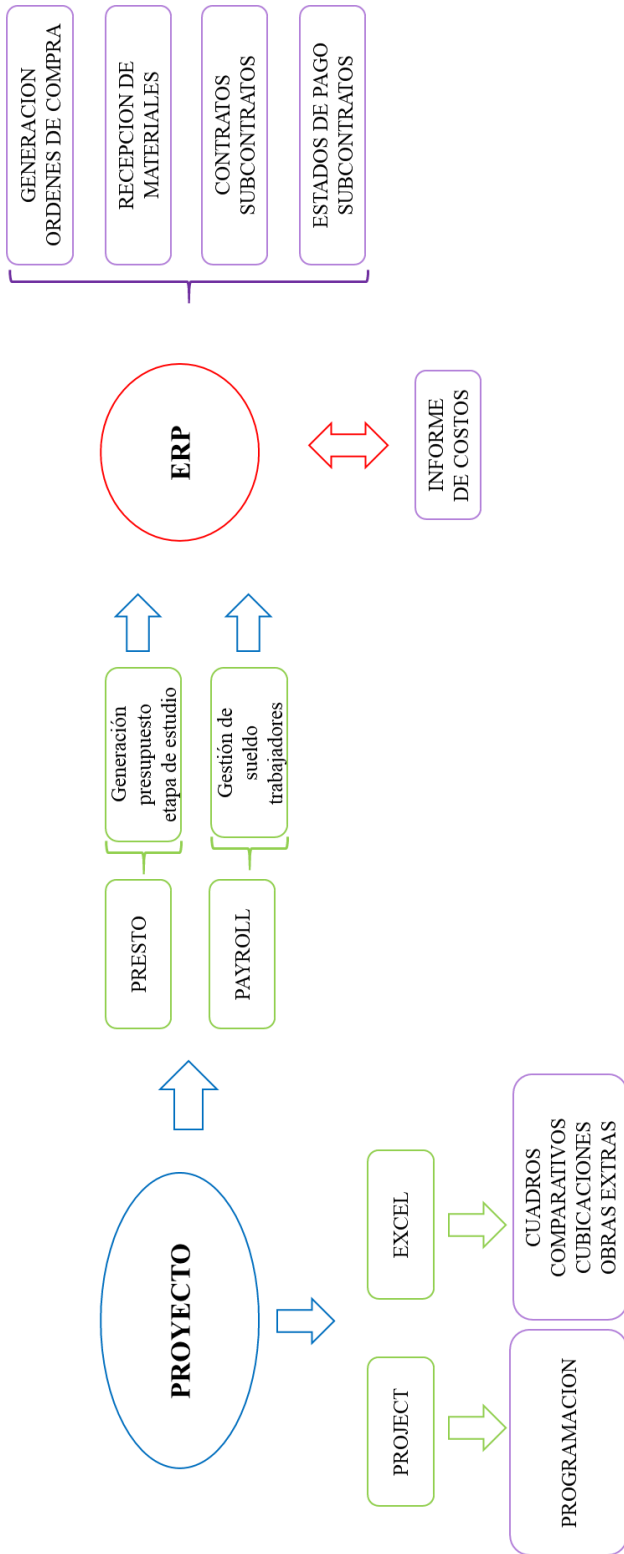


Figura 47: Esquema de trabajo Metodología Tradicional

4.1.2. Metodología BIM

En este caso se pueden presentar dos situaciones:

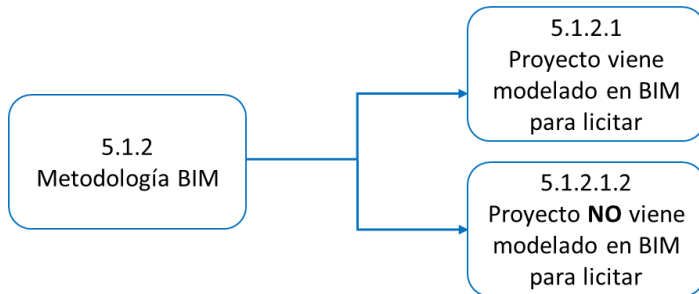


Figura 48:Esquema capítulo 4.1.2

4.1.2.1. Proyecto viene modelado en BIM para licitar

La forma de abordar un proyecto en este caso es la siguiente:

Etapa licitación:

1. Se recibe el proyecto modelado en BIM.
2. Se revisa en Revit que el proyecto no venga con errores en la modelación, mediante la sección “Gestionar”, “Generar avisos”.
3. Se exporta el proyecto directamente desde Revit a Presto, a través del complemento para Revit, “Cost-it”.
4. Las cubicaciones se generan en Presto luego de la exportación, de acuerdo a la forma que los elementos fueron modelados. [Ver Mediciones.](#)
5. Se genera el itemizado automáticamente en Presto luego de la exportación, el paso siguiente es asignar los precios unitarios de acuerdo a la base de precios del Presto a cada partida del itemizado generado, el cual se puede ir visualizando en Revit. Estos códigos de Presto también se pueden asignar directamente en Revit en “propiedades de tipo” en “código de montaje”. De esta forma se obtiene el presupuesto del proyecto y los códigos quedan ingresados tanto en el Revit como en el Presto.
6. Se genera el programa de obra, utilizando el módulo de diagrama de barras del Presto, de esta manera se define el plazo que se ofrecerá.
7. Antes de la adjudicación este proyecto debe guardarse como proyecto de licitación, pues cuando el proyecto se entregue en su versión apta para construir, pueden generarse cambios que deberán ser valorizados.

Etapa inicio de obra:

1. Una vez que se adjudica el proyecto, este presupuesto obtenido de Presto, se ingresa al ERP, en este caso AX y se genera el plan de cuentas de la obra, que permitirá controlar los costos en la etapa de construcción, ver [Plan de cuentas](#).
2. Una vez iniciada la construcción del proyecto, se recibe el proyecto modelado en BIM apto para construir.
3. Como el proyecto puede haber sufrido cambios en entre la etapa de licitación y la etapa de inicio de construcción, se revisa nuevamente en Revit que el proyecto no venga con errores en la modelación, mediante la sección “Gestionar”, “Generar avisos”.
4. Se exporta el proyecto directamente desde Revit a Presto, a través del complemento para Revit, “Cost-it”.
5. Las cubicaciones se generan en Presto luego de la exportación, de acuerdo a la forma que los elementos fueron modelados. [Ver Mediciones](#).
6. Como el presupuesto ya fue asignado en etapa de licitación, sólo se debe revisar si falta algún código de precios y si todo está bien asignado.
7. Presto permite comparar automáticamente los cambios el proyecto entre versión propuesta v/s versión construcción, generando las posibles obras extras del proyecto.
8. Se genera el programa de obra, utilizando el módulo de diagrama de barras del Presto, de esta manera se define el programa real de obra.
9. A través del ERP se realizan órdenes de compra, recepción de materiales, contratos de subcontratos, estados de pago de subcontratos.
10. Los sueldos de los trabajadores se generan a través de un software de gestión de recursos humanos, en este caso Payroll, cuya información viaja también al ERP.

Etapa ejecución de obra:

1. Una vez al mes se realiza el informe de costos donde se ingresa al ERP el valor ganado, es decir el estado de pago aprobado por el mandante, donde se certifican los avances de la obra, ver [Análisis de costos](#).
2. En el ERP finalmente quedan registrados tanto los gastos como los ingresos del proyecto, por lo tanto, se pueden hacer proyecciones de gastos y proyectar el resultado de la obra.
3. Se implementan controles semanales de avance, mediante curvas por partidas, ver [Planificación y Control de proyectos](#).

4.1.2.2. Proyecto no viene modelado en BIM para licitar

La forma de abordar un proyecto en este caso es el siguiente:

Como el plazo para presupuestar un proyecto en etapa de licitación es muy corto, no se alcanza a solicitar los servicios de modelación a una empresa externa y se debe proceder en esta etapa como en el ítem 5.1.1.

Etapa licitación:

1. Se reciben los planos en 2D en AutoCAD.
2. Se cubica manualmente cada elemento de los planos de acuerdo con las especificaciones técnicas.
3. A través del software “Presto” se genera manualmente el presupuesto, haciendo un barrido de todos los elementos cubicados.
4. Se genera el programa de obra utilizando el software Project, donde se define el plazo que se ofrecerá.

Etapa inicio de obra:

1. Una vez que se adjudica el proyecto, este presupuesto obtenido de Presto, se ingresa al ERP, en este caso AX y se genera el plan de cuentas de la obra, que permitirá controlar los costos en la etapa de construcción, ver [Plan de cuentas](#).
2. Una vez iniciada la construcción del proyecto, se reciben los planos aptos para construir en 2d en AutoCAD.
3. Se solicita cotización por modelación del proyecto a empresas externas y se envía a modelar.
4. Se recibe el proyecto modelado en BIM.
5. Se revisa en Revit que el proyecto no venga con errores en la modelación, mediante la sección “Gestionar”, “Generar avisos”.
6. Se exporta el proyecto directamente desde Revit a Presto, a través del complemento para Revit, “Cost-it”.
7. Las cubicaciones se generan en Presto luego de la exportación, de acuerdo a la forma que los elementos fueron modelados. [Ver Mediciones](#).
8. Se genera el itemizado automáticamente en Presto luego de la exportación, el paso siguiente es asignar los precios unitarios de acuerdo con la base de precios del Presto a cada partida del itemizado generado, el cual se puede ir visualizando en Revit. Estos códigos de Presto también se pueden asignar directamente en Revit en “propiedades de

tipo” en “código de montaje”. De esta forma se obtiene el presupuesto del proyecto y los códigos quedan ingresados tanto en el Revit como en el Presto.

9. Como el proyecto puede haber sufrido cambios en entre la etapa de licitación y la etapa de inicio de construcción, se deben revisar las diferencias en las cubicaciones manuales en etapa de licitación v/s las automáticas que arroja Presto.
10. Se genera el programa de obra, utilizando el módulo de diagrama de barras del Presto, de esta manera se define el programa real de obra.
11. A través del ERP se realizan órdenes de compra, recepción de materiales, contratos de subcontratos, estados de pago de subcontratos.
12. Los sueldos de los trabajadores se generan a través de un software de gestión de recursos humanos, en este caso Payroll, cuya información viaja también al ERP.

Etapa ejecución de obra:

1. Una vez al mes se realiza el informe de costos donde se ingresa al ERP el valor ganado, es decir el estado de pago aprobado por el mandante, donde se certifican los avances de la obra, ver [Análisis de costos](#).
2. En el ERP finalmente quedan registrados tanto los gastos como los ingresos del proyecto, por lo tanto, se pueden hacer proyecciones de gastos y proyectar el resultado de la obra.
3. Se implementan controles semanales de avance, mediante curvas por partidas, ver [Planificación y Control de proyectos](#).

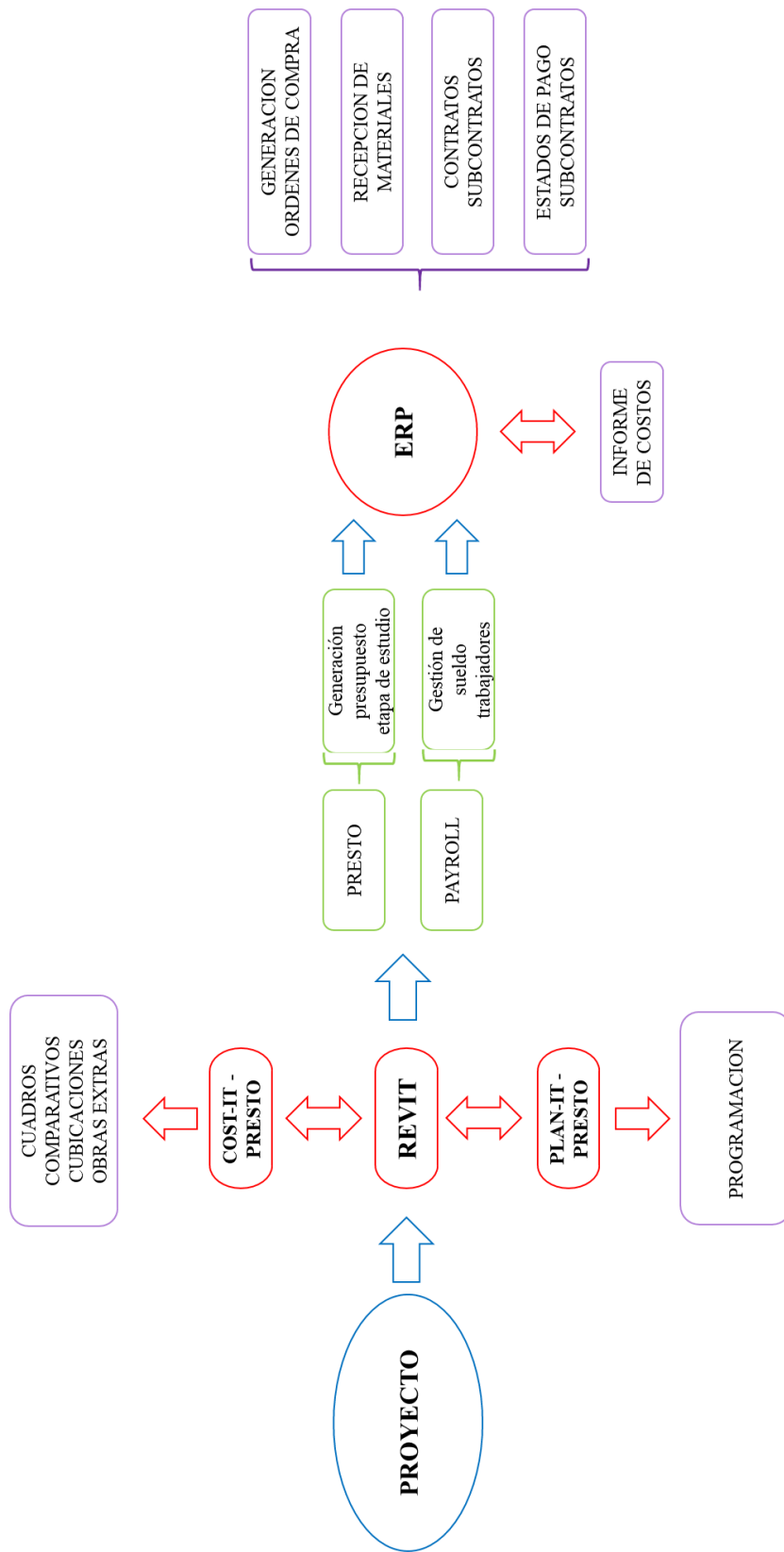


Figura 49:Esquema de trabajo Metodología BIM

4.2. Organigrama (incluye calificación de profesionales)

4.2.1. Metodología tradicional

ORGANIGRAMA DEPARTAMENTO DE ESTUDIO METODOLOGIA TRADICIONAL

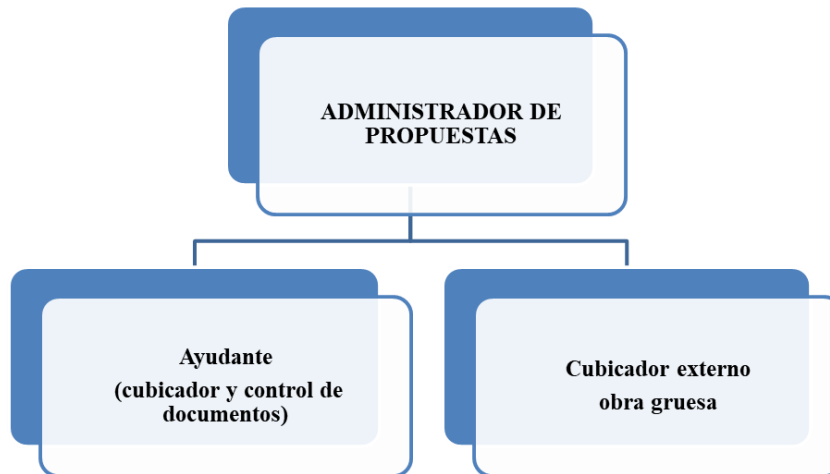


Figura 50: Organigrama departamento de estudios Metodología Tradicional

ORGANIGRAMA OFICINA TECNICA METODOLOGIA TRADICIONAL Obra desde 9.000 m2 a 25.000 m2

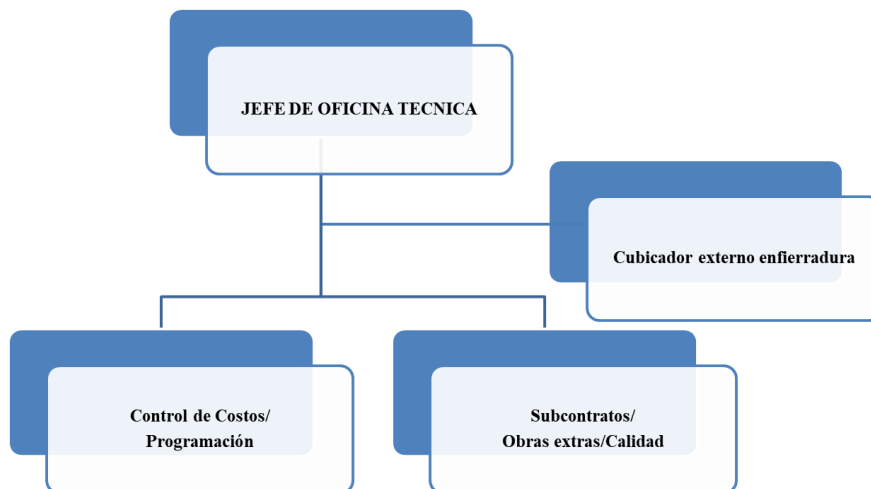


Figura 51: Organigrama Oficina Técnica Metodología Tradicional

**ORGANIGRAMA OFICINA TECNICA
METODOLOGIA TRADICIONAL
Obra desde 25.000 m2 a 50.000 m2**

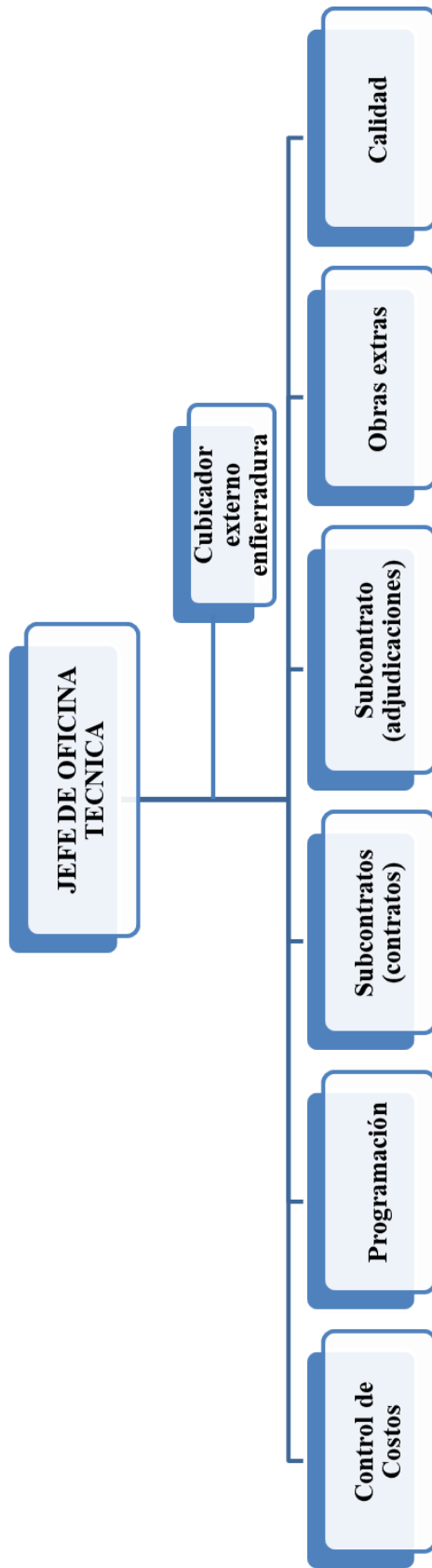


Figura 52:Organigrama Oficina Técnica proyectos grandes

4.2.2. Metodología BIM

ORGANIGRAMA DEPARTAMENTO DE ESTUDIO METODOLOGIA BIM



Figura 53: Organigrama Departamento de estudios Metodología BIM

ORGANIGRAMA OFICINA TECNICA METODOLOGIA BIM Obra desde 9.000 m2 a 25.000 m2

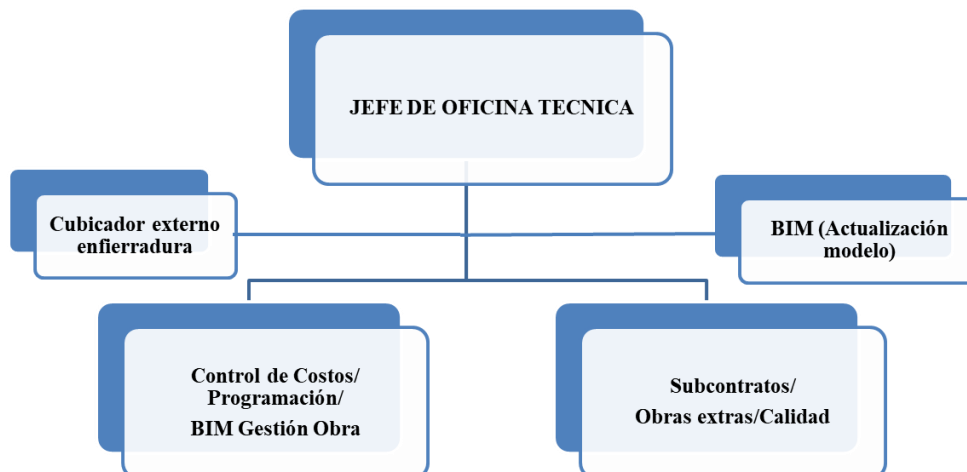


Figura 54: Organigrama Oficina Técnica Metodología BIM

**ORGANIGRAMA OFICINA TECNICA
METODOLOGIA BIM
Obra desde 25.000 m2 a 50.000 m2**

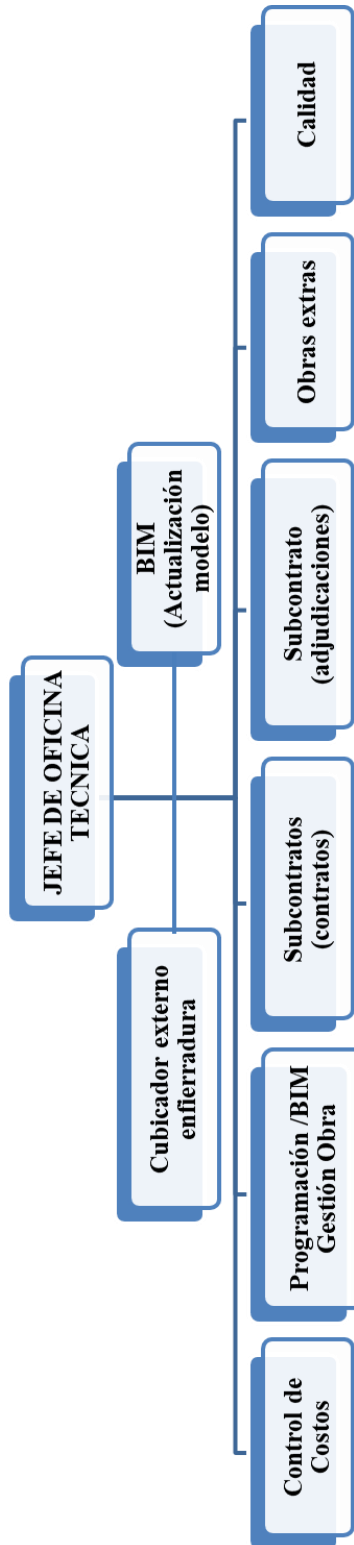


Figura 55:Organigrama Oficina Técnica proyectos grandes (BIM)

4.3. Funciones y calificación profesional del Organigrama

En tabla adjunta se indica la calificación requerida para los profesionales que conforman los equipos de Oficina técnica y Propuesta; además se realiza un comparativo entre las funciones utilizando la Metodología tradicional versus la Metodología BIM:

Oficina Técnica	Calificación profesional	Funciones	
		Metodología tradicional	Metodología BIM
Jefe de oficina técnica	Ingeniero Civil, Constructor Civil, Ingeniero Constructor	Responsable de coordinación de equipo de Oficina Técnica	Responsable de coordinación de equipo de Oficina Técnica
Control de costos/Programación	Ingeniero Civil, Constructor Civil, Ingeniero Constructor	1. Gestión de Costos: 1.1 Plan de cuentas 1.2 Cuadros de cierre 1.3 Control de mano de obra 1.4 Informe de costos mensual 1.5 Flujo de caja 2. Programación: 2.1 Elaboración programa contractual 2.2 Control y seguimiento de programas 2.3 Implementar programa de corto plazo 2.4 Informe mensual de planificación	
Subcontratos/Obras Extras/Calidad	Ingeniero Civil, Constructor Civil, Ingeniero Constructor, Técnico en Construcción	1. Gestión de subcontratos: 1.1 Cubicación de partidas 1.2 Preparación de cuadros comparativos 1.3 Generación de contratos 1.4 Preparación de estados de pago de subcontratos 1.5 Control de obras extras subcontratos 2. Gestión de cambio (O. Extras) 2.1 Revisión e identificación de obras adicionales 2.2 Presentación de obras adicionales 3. Calidad 3.1 Control de documentos 3.2 Elaborar plan de gestión 3.3 Validar protocolos 3.4 Control de cumplimiento de revisores 3.5 Control y seguimiento de no conformidades	1. Gestión de subcontratos: 1.1 Preparación de cuadros comparativos 1.2 Generación de contratos 1.3 Preparación de estados de pago de subcontratos 1.4 Control de obras extras subcontratos 2. Gestión de cambio (O. Extras) 2.1 Presentación de obras adicionales 3. Calidad 3.1 Control de documentos 3.2 Elaborar plan de gestión 3.3 Validar protocolos 3.4 Control de cumplimiento de revisores 3.5 Control y seguimiento de no conformidades
Control de costos/Programación/BIM Gestión de obra	Ingeniero Civil, Constructor Civil, Ingeniero Constructor		1. Gestión de Costos: 1.1 Plan de cuentas 1.2 Cuadros de cierre 1.3 Control de mano de obra 1.4 Informe de costos mensual 1.5 Flujo de caja 2. Programación: 2.1 Implementar programa de corto plazo

			2.2 Informe mensual de planificación 3. BIM Gestión de obra: 3.1 Extracción de cubicaciones 3.2 Revisión e identificación de obras adicionales 3.3 Elaboración programa contractual 3.4 Control y seguimiento de programas 3.5 Simulación de programa en Revit 3.6 Simulación de avances de obra en Revit 3.7 Coordinador de reuniones para revisión del modelo en Revit 3.8 Emisor de fichas de coordinación 3.9 Preparación de informe de avance de respaldo de estado de pago mensual
--	--	--	---

Tabla 3. Cuadro comparativo funciones Oficina Técnica

Propuestas	Calificación profesional	Funciones	
		Metodología tradicional	Metodología BIM
Administrador de Propuestas	Ingeniero Civil, Constructor Civil	1. Cubicaciones terminaciones 2. Preparación de antecedentes para cotizar 3. Envío de antecedentes para cotizar 4. Preparación de cuadros comparativos 5. Preparación de programa de obra en Project 6. Preparación de presupuesto	1. Extracción de cubicaciones del software 2. Preparación de antecedentes para cotizar 3. Envío de antecedentes para cotizar 4. Preparación de cuadros comparativos 5. Preparación de programa de obra en Software BIM 6. Preparación de presupuesto en software BIM
Ayudante	Técnico en Construcción, Dibujante	1. Control de documentos 2. Ploteo de planos 3. Cubicaciones de algunas partidas	1. Control de documentos 2. Ploteo de planos
Cubicador externo de obra gruesa	Ingeniero Civil, Constructor Civil, Ingeniero Constructor, Técnico en Construcción	1.1 Cubicación de fierro 1.2 Cubicación de moldaje 1.3 Cubicación de hormigón	1.1 Cubicación de fierro

Tabla 4. Cuadro comparativo funciones Departamento de Estudios

4.4. Equipos requeridos

A continuación, se comparan las especificaciones técnicas mínimas requeridas para que los softwares Revit y Presto puedan funcionar adecuadamente, en comparación a lo que se requiere para la metodología tradicional. En general la mayor diferencia se produce en la tarjeta de video donde Revit requiere para la renderización una calidad mayor:

Especificaciones Notebook	Metodología tradicional	Metodología BIM
Procesador	Intel Core i7	Intel Core i7
Memoria RAM	16 GB	16 GB-32 GB
Tarjeta de video	Integrada	Dedicada
Precio aprox.	UF 53,76	UF 89,61

Tabla 5. Cuadro comparativo equipos computacionales

4.5. Software

En tabla adjunta se comparan los precios de las licencias de los softwares utilizados tanto para la Metodología Tradicional como para la Metodología BIM:

Software requerido	Metodología tradicional	Costo mensual por usuario	Metodología BIM	Costo mensual por usuario
Diseño y visualización de modelos	AutoCAD desarrollado por Autodesk	UF 3,97	Revit desarrollado por Autodesk	UF 4,91
Generación de presupuestos	Presto desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo	UF 1,93	Presto con complemento Cost-it de Revit, desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo	UF 2,12
Programación	Microsoft Project desarrollado por Microsoft	UF 0,4	Presto con complemento Cost-it de Revit, desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo	Inc. anterior
Gestión de Recursos Humanos	PayRoll	Sin costo obra	PayRoll	Sin costo obra
Planificación de Recursos Empresariales (ERP)	Microsoft Dynamics AX desarrollado por Microsoft	UF 4,47	Microsoft Dynamics AX desarrollado por Microsoft	UF 4,47

Tabla 6. Cuadro comparativo softwares

4.6. Capacitaciones

En la siguiente tabla se comparan la cantidad de horas de capacitación requeridas y su costo, entre ambas metodologías:

Software	Metodología tradicional	Horas	Costo hora	Costo total por usuario	Metodología BIM	Horas	Costo hora	Costo total por usuario
Diseño y visualización de modelos	AutoCAD desarrollado por Autodesk	18	UF 0,16	UF 2,85	Revit desarrollado por Autodesk	60	UF 0,37	UF 22,18
Generación de presupuestos	Presto desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo	8	UF 0,375	UF 3,00	Presto con complemento Cost-it de Revit, desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo	34	UF 0,375	UF 12,75
Programación	Microsoft Project desarrollado por Microsoft	12	UF 1,10	UF 13,2	Presto con complemento Cost-it de Revit, desarrollado por RIB Software y distribuido en Chile por Aminfo			Inc. anterior
Gestión de Recursos Humanos	PayRoll			Sin costo	PayRoll			Sin costo
Planificación de Recursos Empresariales (ERP)	Microsoft Dynamics AX desarrollado por Microsoft			Sin costo	Microsoft Dynamics AX desarrollado por Microsoft			Sin costo

Tabla 7. Cuadro comparativo capacitaciones

4.7. Asesoría externa

A continuación, se describen las asesorías que se requerirían para ambas metodologías:

Asesoría	Metodología tradicional	Metodología BIM	Observación
Cubicador de obra gruesa	UF 1,00 por plano	UF 0,80 por plano	En Metodología Tradicional cubica fierro, moldaje, hormigón. En Metodología BIM sólo fierro.
Modelación Revit		UF 350,00	
Actualización de modelo durante el transcurso de la obra		UF 175,00	
Visitas obra Presto		UF 105,00	Considera dos visitas al mes de dos horas por 15 meses

Tabla 8. Cuadro comparativo asesorías externas

4.8. Análisis de costos Metodologías

4.8.1. Metodología Tradicional

4.8.1.1. Equipo de Propuesta

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Meses	Usuarios	Costo unidad	Costo total
1	Personal administrativo						
1.1	Administrador de propuestas	mes	1	2		UF 162,77	UF 325,54
1.2	Ayudante cubicador	mes	1	0,5		UF 46,51	UF 23,25
2	Asesoría externa						
2.1	Cubicador externo obra gruesa	cant. planos	32			UF 1,00	UF 32,00
3	Equipos computacionales						
3.1	Notebook Intel Core i7, 16 GB, Tarjeta de video integrada	unidad	2			UF 53,76	UF 107,52
4	Licencias						
4.1	AutoCAD	mes		2	2	UF 3,97	UF 15,88
4.2	Presto	mes		2	1	UF 0,41	UF 0,82
4.3	Microsoft Project	mes		2	1	UF 1,93	UF 3,86
5	Capacitaciones						
5.1	AutoCAD	horas	18		2	UF 0,16	UF 5,76
5.2	Presto	horas	8		1	UF 0,38	UF 3,00
5.3	Microsoft Project	horas	12		1	UF 1,10	UF 13,20
	Total						UF 530,83

Tabla 9. Análisis de costos Estudio de Propuestas Metodología Tradicional

4.8.1.2. Equipo de Oficina técnica

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Meses	Usuarios	Costo unidad	Costo total
1	Personal administrativo						
1.1	Jefe de oficina técnica	mes	1	15		UF 139,52	UF 2.092,77
1.2	Control de costos/Programador	mes	1	15		UF 55,81	UF 837,11
1.3	Subcontratos/Obras extras/Calidad	mes	1	13		UF 55,81	UF 725,49
2	Asesoría externa						
2.1	Cubicador externo enfierradura	cant. planos	32			UF 0,80	UF 25,60
3	Equipos computacionales						
3.1	Notebook Intel Core i7, 16 GB, Tarjeta de video integrada	unidad	3			UF 53,76	UF 161,28
4	Licencias						
4.1	AutoCAD	mes		15	2	UF 3,97	UF 119,10
4.2	Microsoft Project	mes		15	2	UF 0,41	UF 12,30
5	Capacitaciones						
5.1	AutoCAD	horas	18		2	UF 0,16	UF 5,76
5.2	Microsoft Project	horas	12		2	UF 1,10	UF 26,40
	Total						UF 4.005,81

Tabla 10. Análisis de estudio Oficina Técnica Metodología Tradicional

TOTAL COSTO METODOLOGIA TRADICIONAL	UF 4.536,64
--	--------------------

4.8.2. Metodología BIM

4.8.2.1. Equipo de Propuesta

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Meses	Usuarios	Costo unidad	Costo total
1	Personal administrativo						
1.1	Administrador de propuestas	mes	1	2		UF 162,77	UF 325,54
1.2	Ayudante cubicador	mes	1	0,5		UF 46,51	UF 23,25
2	Asesoría externa						
2.1	Cubicador externo enfierradura	cant. planos	32			UF 0,8	UF 25,60
3	Equipos computacionales						
3.1	Notebook Intel Core i7, 16 GB-32 GB, Tarjeta de video dedicada	unidad	2			UF 89,61	UF 179,22
4	Licencias						
4.1	Revit	mes		2	2	UF 4,91	UF 19,64
4.2	Presto Cost-it	mes		2	1	UF 2,12	UF 4,24
5	Capacitaciones						
5.1	Revit	horas	60		1	UF 0,37	UF 22,20
5.2	Presto Cost-it	horas	34		1	UF 0,38	UF 12,75
	Total						UF 612,44

Tabla 11. Análisis de costos Estudio de Propuestas Metodología BIM

4.8.2.2. Equipo de Oficina técnica

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Meses	Usuarios	Costo unidad	Costo total
1	Personal administrativo						
1.1	Jefe de oficina técnica	mes	1	15		UF 139,52	UF 2.092,77
1.2	Control de costos/Programador/BIM	mes	1	15		UF 71,55	UF 1.073,21
1.3	Subcontratos/Obras extras/Calidad	mes	1	13		UF 55,81	UF 725,49
2	Asesoría externa						
2.1	Cubicador externo enfierradura	cant. planos	32			UF 0,80	UF 25,60
2.2	Modelación Revit	Gl	1			UF 350,00	UF 350,00
2.3	Actualización modelo durante la obra	mes	1	15		UF 11,67	UF 175,00
3	Equipos computacionales						
3.1	Notebook Intel Core i7, 16 GB-32 GB, Tarjeta de video dedicada	unidad	2			UF 89,61	UF 179,22
3.2	Notebook Intel Core i7, 16 GB, Tarjeta de video integrada	unidad	1			UF 53,76	UF 53,76
4	Licencias						
4.1	Revit	mes		15	2	UF 4,91	UF 147,30
4.2	Presto Cost-it	mes		15	2	UF 2,12	UF 63,59
5	Capacitaciones						
5.1	Revit	horas	60		2	UF 0,37	UF 44,40
5.2	Presto Cost-it	horas	34		2	UF 0,38	UF 25,50
	Asistencia telefónica presto Cost-it	incluida					
	Visitas Obra Presto Cost-it	horas	4	15		UF 1,00	UF 60,00
	Traslado visita obra	unidad	2	15		UF 1,50	UF 45,00
	Total						UF 5.060,84

Tabla 12. Análisis de estudio Oficina Técnica Metodología BIM

TOTAL COSTO METODOLOGIA BIM	UF 5.673,29
------------------------------------	--------------------

4.8.3. Comparativo entre ambas metodologías

1) Equipo de Propuesta

Ítem	Descripción	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Diferencias
1.1	Personal administrativo	UF 348,79	UF 348,79	UF 0,00
1.2	Asesoría externa	UF 32,00	UF 25,60	- UF 6,40
1.3	Equipos computacionales	UF 107,52	UF 179,22	UF 71,70
1.4	Licencias	UF 20,56	UF 23,88	UF 3,32
1.5	Capacitaciones	UF 21,96	UF 34,95	UF 12,99
	Total	UF 530,83	UF 612,44	UF 81,61

Tabla 13. Cuadro comparativo ambas metodologías Departamento de Estudios

2) Equipo de Oficina Técnica

Ítem	Descripción	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Diferencias	% de la diferencia total
2.1	<i>Personal administrativo</i>	UF 3.655,37	UF 3.891,47	UF 236,10	22%
2.2	<i>Asesoría externa</i>	UF 25,60	UF 550,60	UF 525,00	50%
2.3	<i>Equipos computacionales</i>	UF 161,28	UF 232,98	UF 71,70	7%
2.4	<i>Licencias</i>	UF 131,40	UF 210,89	UF 79,49	8%
2.5	<i>Capacitaciones</i>	UF 32,16	UF 174,90	UF 142,74	14%
	Total	UF 4.005,81	UF 5.060,84	UF 1.055,03	

Tabla 14. Cuadro comparativo ambas metodologías Oficina Técnica

3) Resumen Costos

Ítem	Descripción	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Diferencias
1	Equipo de Propuesta	UF 530,83	UF 612,44	UF 81,61
2	Equipo de Oficina técnica	UF 4.005,81	UF 5.060,84	UF 1.055,03
	Total	UF 4.536,64	UF 5.673,29	UF 1.136,64

Tabla 15. Resumen comparativo de costos

4) Porcentaje de incidencia en presupuesto total de Obra

Ítem	Descripción	Metodología Tradicional	Metodología BIM	Diferencias
1	Presupuesto Obra	UF 227.986,27	UF 227.986,27	UF 227.986,27
2	% Incidencia Propuesta +OT	2,00%	2,5%	0,5%
3	% Incidencia Propuesta	0,23%	0,27%	0,04%
4	% Incidencia OT	1,76%	2,22%	0,46%

Tabla 16. Porcentajes de incidencia

4.9. Ventajas y desventajas

4.9.1. Ventajas de la aplicación del sistema

- 1) Aumenta la productividad y competitividad de la industria de la construcción, a través de reducir los costos e ineficiencias a lo largo del ciclo de vida de los proyectos desde el diseño hasta la operación y mantenimiento, desarrollando proyectos robustos e integrados.
- 2) Actualización de la tecnología en la industria de la construcción, ya que el uso de tecnologías de información en el sector es limitado.
- 3) Adopción de métodos avanzados de gestión de información, ya que la baja adopción de estas tecnologías se encuentra entre los factores que hacen que la productividad del sector de la construcción sea baja.
- 4) Mejora la calidad del diseño de los proyectos, pues al existir una interacción con todas las especialidades, se minimizan los errores.
- 5) Optimiza la toma de decisiones a través de la simulación de soluciones, ya que permite de manera mucho más rápida modificar especificaciones, planos y generar nuevos presupuestos para análisis.
- 6) Automatiza las mediciones o cubicaciones de los modelos, el proceso de cubicación de una obra en detalle puede tardar tres meses, en cambio al utilizar proyectos modelados en BIM, este tiempo puede reducirse en un 75%.
- 7) Aumenta la trazabilidad y transparencia de la información de proyectos, ya que la información se va actualizando en tiempo real y está disponible para todos los participantes del proyecto. Se evita el uso de un archivador lleno de fichas con modificaciones que no son de conocimiento de todos.
- 8) Mejora la predictibilidad, control de costos y plazos de la construcción, al tener un proyecto mejor estudiado es más fácil proyectar su costo real.
- 9) Permite reducir el impacto ocasionado por las interferencias o choques entre especialidades, pues estas son detectadas previamente, antes de su construcción. Esto reduce el costo en el valor final del proyecto.
- 10) Es posible simular el proceso de construcción y mostrar a directivos de empresas o a los vecinos, esto facilita el entendimiento del proyecto,
- 11) Ayuda en el proceso de ventas, pues es una herramienta de visualización potente, existen además softwares específicos en esta materia que logran un producto de alto impacto visual.

4.9.2. Desventajas o limitaciones en la aplicación del sistema

- 1) Falta de profesionales calificados con conocimiento en BIM, actualmente.
- 2) Falta de adopción de todos los integrantes del ciclo de vida de un proyecto, los mayores beneficios se obtienen si todos los participantes están involucrados.
- 3) No existe total integración con otros sistemas de gestión como los ERP (Enterprise Resource Planning o Sistema de planificación de recursos empresariales).
- 4) El sistema por sí solo no resuelve todos los problemas, se requiere apoyo de otros softwares.
- 5) Existe desconocimiento por parte de los promotores de los proyectos, de los reales beneficios de la metodología, como también de los costos reales asociados.
- 6) Resistencia al cambio, pues debe existir una readecuación de los equipos de trabajo, se debe hacer un esfuerzo por conocer la metodología y eso cuesta internalizarlo.

5. Conclusiones

El enfoque de este trabajo es comparar la metodología tradicional con la metodología BIM, de modo de recomendar la toma de decisión para su aplicación en la gestión de una obra.

A continuación, se describen las conclusiones:

Software utilizado:

- 1) Revit es un software muy utilizado que se ha impuesto positivamente en el mercado por el respaldo de Autodesk y se destaca principalmente por dos características:
 - a. Tiene una estructura muy potente interna de información, que obliga a estructurar el proyecto, por lo tanto, la información es fácil de clasificar y categorizar.
 - b. Tiene un “API”, Application Programming Interfaces (Interfaces de programación de aplicaciones) que permite escribir un programa dentro y permite que Revit haga funciones que no hace de forma nativa.
- 2) Cost-It es un complemento de Revit para Presto, que genera el presupuesto completo a partir de la información contenida en el modelo BIM, en Presto se organiza, se agregan las partidas que no están en el modelo, como instalación de faenas, gastos generales, etc. Presto es un sistema ya utilizado al interior de la Empresa, por lo tanto, vincularlo al Revit a través del complemento, no es difícil de implementar.

- 3) Existe un paralelismo entre un modelo Revit y lo que Presto usaba como entrada, es decir cada pieza de información que hay en un modelo de Revit tiene un sitio en Presto donde ponerla; esto permite que a través de la extracción de información se pueda crear una estructura de presupuesto que represente muy fielmente lo que hay en el modelo.
- 4) Cada elemento del modelo en Revit tiene una imagen fidedigna en el presupuesto, es decir cada elemento es trazable. Es muy útil identificar cada partida del presupuesto en el modelo, ayuda a entenderlo más rápidamente y con menor posibilidad de error.
- 5) El complemento permite además que la estructura de planificación esté totalmente integrada con la estructura del presupuesto a pesar de que no son idénticas, con esto se tiene la certeza de que se están incluyendo todas las partidas en la planificación y además se genera automáticamente el respaldo de los estados de pago mensuales que se presentan al mandante, registrando los avances en Presto y generando las Simulaciones de las certificaciones. De esta manera la inspección técnica podrá visualizar fácilmente los avances presentados.
- 6) El módulo de planificación de Presto funciona de manera muy parecida a Microsoft Project, en el capítulo cuatro se desarrolló de manera siempre, pero tiene muchas más posibilidades, incluso permite exportarlo a Project si se requiere.
- 7) Presto incluye muchos reportes, pero no todos cumplen con los modelos usados actualmente en obra; a pesar de esto existe la posibilidad de incorporarlos, solicitándolo de manera especial al proveedor o exportar los datos para ser usados a los informes actualmente existentes.
- 8) Para hacer las exportaciones, simulaciones en Revit no se requiere especialmente la licencia, bastaría con tener un visor del software. Ahora si se requiere hacer cambios en el modelo, entonces sí se requerirá la licencia.
- 9) Presto con su módulo Cost-It, es una herramienta potente para la generación del presupuesto de la obra y su herramienta Plan-It para la planificación permite planificar la obra de manera integrada con el presupuesto y con el modelo en Revit, lo que es muy útil para la gestión de obra. Falta desarrollo en los controles de avance, curvas, asignación de responsables, asignación de tareas, programa de corto plazo.

Modelación en BIM:

- 1) La modelación BIM debe representar los elementos para fines de coordinación y además debe permitir extraer información de ubicación útil para realizar presupuestos; por lo tanto, es fundamental establecer los requerimientos de modelado con anterioridad, para así asegurar que se podrán obtener todos los beneficios de la aplicación de esta metodología. Algunos de estos requerimientos son los siguientes:
 - a. Cada elemento debe ser clasificado en la categoría que le corresponde.
 - b. Los elementos deben corresponder a un piso y a una torre.
 - c. Los elementos no deben modelarse in situ, pues elimina parámetros.

Son muchos más los requerimientos, por lo que en este punto es necesario contar con la asesoría de un arquitecto especialista en BIM, que ayude a definir los requerimientos que se solicitarán en la modelación.

- 2) BIM no resuelve completamente los problemas que aparecen en una extracción de mediciones (cubicaciones) y no todas las mediciones que se necesitan en un proyecto pueden ser extraídas de un BIM. Por lo tanto, se requiere un profesional que evalúe la validez de los datos y materiales de origen, asegurando una cobertura completa de la extracción, proponiendo soluciones alternativas y analizando los resultados. Finalmente, será este profesional el que gestionará la información y será el que lo organizará.
- 3) Modelar los proyectos con todo el nivel de detalle que tiene no siempre es posible o el tiempo y el costo del modelado se encarecerá, no es necesario modelar todo, pero se debe considerar que una vez recibido el modelo se debe invertir tiempo y dedicación en revisar el modelo y extraer la información.
- 4) Es recomendable que el profesional a cargo de BIM en obra reciba capacitaciones de creación de modelos, con el fin de aprovechar aún más la herramienta.

Análisis de Costos:

- 1) En el caso de que el proyecto no sea modelado en BIM y la Empresa Constructora decida contratar su modelación, el costo de utilizar BIM en un proyecto mediano de 13.000 m², con un plazo de ejecución de 15 meses, corresponde a un **0,5%** del total del proyecto, es decir aprox. **UF 1.200.-** (\$34.000.000.-), lo que corresponde a un costo mensual de **UF 76.-** (\$2.200.000). La diferencia del costo de aplicación de BIM no es relevante en el costo total del proyecto. Pero si se compara con la utilidad del proyecto, correspondería a un **7%**.
- 2) En el caso de que el proyecto sí sea modelado en BIM desde su etapa de diseño, el costo de utilizar BIM corresponde a un **0,35%** del total del proyecto, es decir aprox. **UF 800.-** (\$22.000.000.-), lo que corresponde a un costo mensual de **UF 52.-** (\$1.500.000). Si se compara con la utilidad del proyecto, correspondería a un **5%**.
- 3) El plazo de entrega del proyecto modelado es de aproximadamente 2,5 a 4 meses, es decir cerca del 30% del plazo total de la obra analizada, después de ese período hay que considerar un par de semanas más para revisarlo, codificarlo y asignarle precios, es decir la modelación se entregaría cuando la obra gruesa del edificio esté en el piso 4 y cuando se esté a semanas de iniciar las terminaciones.
- 4) Los 4 meses iniciales de una obra, es el período en que se estudia, se cubica y se cotiza el proyecto, por lo tanto, la modelación llegaría de manera tardía para poder ser utilizada con esos fines. Sin embargo, aún serviría para realizar las simulaciones de planificación, para identificar interferencias, para registrar y respaldar de mejor manera los cambios del proyecto originados por el mandante y para difundir su visualización al equipo de trabajo.

- 5) Para el caso de las obras que contemplen un periodo de ejecución de pilas y de excavación masiva, período que puede abarcar entre 3 a 6 meses; que en este caso no ocurre pues la excavación ya está ejecutada, este periodo se aprovecharía para enviar el proyecto a modelar.
- 6) La descoordinación de los proyectos puede provocar sobre costos cercanos al 20% para proyectos complejos; cuando esto es detectado en la etapa de construcción, se generan además aumentos de plazo y cobro de gastos generales, produciéndose un sobre costo aún mayor. Es por esto que el mayor beneficio de la implementación del BIM será apreciado por el mandante si se aplica la metodología desde la etapa de diseño del proyecto; si bien la inversión al principio será mayor y se trabajará más definiendo y tomando decisiones, los proyectos estarán mejor estudiados, más definidos y se evitarán en la etapa de construcción atrasos, obras extras producto de demoliciones o desarmes, y sobre costos por gastos generales. El ahorro para las Inmobiliarias es significativo.

Itemizado Estandarizado:

- 1) Se observa que en la industria de la construcción no existen itemizados estandarizados, que puedan ser utilizados tanto por Inmobiliarias, Constructoras, Subcontratos, Proveedores, etc. Cada actor del proceso posee su propio desglose de partidas, dificultando el proceso de generación de presupuestos, preparación de programas de obra y cubicaciones.
- 2) Presto posee un itemizado en su base de datos que no es igual al que se obtiene del modelo exportado de Revit a través de Cost-it; por esta razón se debe seleccionar desde la base de datos de Presto, la partida más parecida a la que se modeló en Revit. Esto puede ocasionar errores en la preparación del presupuesto, pues lo especificado por los proyectistas puede ser mal interpretado por el profesional responsable de armar el presupuesto, al no existir un código común y predefinido para cada partida.
- 3) Debido a la falta de un itemizado estandarizado, los presupuestos deben modificarse y adaptarse al itemizado proporcionado por el mandante (en el caso de que el mandante lo exija) o el itemizado de Presto debe adaptarse al itemizado de la Constructora; generando ineficiencias en el proceso y demora en la entrega del presupuesto final.
- 4) La existencia de un itemizado común a todos los participantes del proyecto, permite obtener una trazabilidad de los procesos desde su génesis hasta su etapa de operación; facilitando la comunicación entre las partes, permitiendo una mejor interpretación de las especificaciones técnicas del proyecto, mejorando los tiempos de respuesta en solicitud de cotizaciones, preparación de cuadros comparativos y minimizando los errores en el proceso de compra. En resumen, mejora el control de la gestión.

6. Comentarios y recomendaciones

La aplicación de la Metodología BIM en la Gestión de Construcción de una Obra es totalmente recomendable y sus beneficios son indiscutibles.

En relación con la planificación de obra y control, es la visualización de las etapas de construcción, la planificación de tareas y la coordinación de los trabajos su aporte más

importante. Presentar una programación y un informe de avance utilizando BIM en reuniones de obra, por ejemplo, es más visual y de mayor entendimiento que la presentación de la programación tradicional.

La metodología permite visualizar las obras extras y poder cobrarlas oportunamente, la ubicación y contenido de los cambios de diseño, se podrán visualizar mediante la comparación de diferentes versiones de Revit e imprimiendo vistas 3D de los modelos.

En general todos los respaldos que habitualmente se presentan en obra para estados de pago, obras extras, serán mucho más claros y permitirán aprobaciones más rápidas por parte del mandante.

La aplicación de BIM permite llevar registros de todo el proceso durante el ciclo de vida del proyecto. Permite una trazabilidad de manera segura, eliminando o reduciendo al mínimo el uso de papeles y asegurando que los archivos se guarden en memorias externas (nubes).

La utilización de la tecnología ayuda al entendimiento de éste por parte de todos los actores involucrados, como también de aquellos que no han participado directamente del diseño o construcción, como son directivos de empresa, subcontratos, la comunidad, etc.; lo que permite mejorar la relaciones entre todas las partes.

La situación ideal de aplicación del BIM es modelar el proyecto en su etapa de diseño y que el equipo de obra reciba el proyecto ya codificado por parte del Administrador de Propuestas, con su presupuesto asignado. En este caso el equipo de obra debe analizar los softwares de gestión y aplicación existentes en el mercado y elegir el que más se acomode a sus necesidades.

Para el caso en que el proyecto no sea modelado en BIM desde su etapa de diseño, no recomendaría su uso para una obra que no tiene obras previas (excavación de pilas, excavación masiva), pues el inicio de una obra de estas características es muy violento, es de inicio rápido y no se cuenta con ese tiempo de espera de cuatro meses.

Para el caso en que el proyecto no sea modelado en BIM desde su etapa de diseño, sí lo recomendaría para obras que tienen obras previas de más de tres meses, pues en ese tiempo se envía el proyecto a modelar y se realizan las capacitaciones del equipo. El sobre costo que se produce debe intentar ser negociado con el Mandante, de manera de ofrecerles al término de la obra, el proyecto modelado, que puede ser útil para la etapa de operación y ventas. Pues el costo si bien no es significativo en el costo total del proyecto, no es menor en relación a la utilidad, sobre todo si se considera que, al ser una decisión de obra, no se contará con presupuesto asignado para este ítem.

Para poder determinar por qué es tan difícil estandarizar un ítemizado e identificar las barreras existentes y los pasos a seguir para poder superarlas; se propone un nuevo tema de memoria a desarrollar, cuyo título sugerido es “Barreras en la Estandarización de Ítemizados en Proyectos de Edificación”.

Bibliografía

1. Aminfo (2019). Manal capacitación Presto Gestión del Proyecto
2. Aminfo (2019). Manual capacitación Presto Planificación
3. Aminfo (2019). Manual capacitación Presto Cost It.
4. Autodesk. Manual de IFC para Revit.
5. Autodesk. Manual Avanzado Autodesk Revit Architecture
6. Boeykens, Stefan (2012). Bridging Building Information Modeling and Parametric Design”, Conference: eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, 9th ECPPM Conference Proceedings, Conference Paper 453-458.
7. Building Smart (Versión 1.0 2014). Guía de usuarios BIM
8. Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción, “Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones Manual”, primera edición.
9. Charles Pankow Foundation. BIM Project Execution Planning Guide, versión 2.1
10. Digitalfutures (2010). Professional Practice Lecture Series Pratt Institute School of Undergraduate Architecture.
11. Fuentes Fuentes Carlos (2018). Estudio de la programación de obra gruesa basada en la localización con líneas de balance integrado con la plataforma BIM en proyectos de construcción habitacional en altura”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil.
12. Henriquez Pauline, Suaznábar Claudia 2018. BIM las tres letras de la construcción inteligente
13. Loyola Mauricio (2014). La difusión y masificación de BIM en la industria el caso chileno.
14. Mella Troncoso Jorge (2012). Diseño de un sistema de control de la puesta en obra del acero de refuerzo del hormigón armado utilizando tecnología BIM. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil.
15. Project Management Institute (PM). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK), cuarta edición.
16. Revista BIT (2016), Saavedra Alfredo. Avances de BIM en Chile, crecimiento en la Industria
17. RIB Spain (2019). Manual de Cost-It 2019

18. Sanchez Ortega Agustín. Las 7 dimensiones BIM.
19. Santa María Gallardo Luisa, Hernández Guadalupe Javier (2017). Salto al BIM.
20. Valderrama Fernando (2019). Presentación CDT (Presto):
<https://drive.google.com/file/d/1BX-ycvrRNtnguY08jqj3DIDhYTKRq8La/view?usp=sharing>
21. Waterhouse Richard (2017). National BIM Report.
22. Webinar, Ramirez Carolina, ¿Cómo modelar para medir?:
<https://youtu.be/tWfpJCzbrKU>