



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

CAMPUS GUADALAJARA

***PLANEACIÓN Y CONTROL BIM 5D,
EN PROYECTOS RESIDENCIALES***

Juan Raúl Angulo Espinoza

Tesis presentada para optar por el grado de
Maestro en Administración de la Construcción
con Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios
de la SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA,
según acuerdo número 994188 con fecha 09-VII-99.

Zapopan, Jal., marzo de 2020

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a la Universidad Panamericana y a todos los profesores de la Maestría en Administración de la Construcción, con una mención especial al Mtro. Francisco Moreno Abril, quien fue mi director de tesis, un maestro ejemplar y un gran apoyo para lograr que esta investigación fuera posible.

A mis padres que siempre me impulsan a continuar y no rendirme en la búsqueda de nuevos logros. A mi novia le agradezco por su paciencia y su ayuda incondicional. A mis amigos que estuvieron siempre conmigo dándome su apoyo.

Además, le estoy muy agradecido a la empresa donde laboro, por permitirme cursar esta maestría e impulsar mi desarrollo como profesional

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia, que siempre me apoyó, tanto en los momentos buenos, como en los difíciles. Gracias a todos por su paciencia, apoyo y cariño.

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad, la industria demanda soluciones cada vez más rápidas y precisas para los problemas que enfrentan los proyectos de construcción en las etapas de planeación y control. Existe poca planeación y, en muchos casos, un nulo control de los proyectos, lo que termina generando entregas tardías y sobrecostos. Los procesos de cuantificación, elaboración de presupuesto, elaboración de cronograma y control de la obra, se hacen de manera completamente independiente uno de otro, lo que conlleva a poca coherencia y resultados inciertos.

En esta investigación, se propone que la utilización de una metodología BIM 5D aportará grandes beneficios en la planeación y el control de los proyectos de construcción en comparación con la metodología tradicional, aumentando la rapidez de los procesos y el control de los recursos de la obra. Para evaluar esta posible solución, se elaboró un cuestionario, con el que se busca conocer el conocimiento y la utilización de las herramientas BIM en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Además, se llevará a cabo un caso de estudio en donde se compararán las duraciones y los resultados obtenidos en la metodología tradicional y la metodología BIM 5D.

Después de los resultados obtenidos, a partir del cuestionario y el caso de estudio, se considera que la solución propuesta sí aporta grandes beneficios en la planeación y el control de los proyectos de construcción, sin embargo, en el medio de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara, se sabe sobre la existencia de BIM pero se tiene poco conocimiento y menos experiencia en estas herramientas.

Las herramientas BIM, son un medio de diferenciación entre las empresas constructoras hoy en día, significan una ventaja competitiva, ya que permiten conseguir mejores procesos de planeación y control y, con ello, mejores tiempos de entrega y mayores utilidades para las empresas. La industria tendrá que ir cambiando hacia este tipo de herramientas, que sin duda son el futuro del medio de la construcción.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	14
1.1 EL PORQUÉ DE LA TESIS	14
1.2 ANTECEDENTES	14
1.3 HIPOTESIS Y OBJETIVOS	15
1.3.1 HIPÓTESIS	15
1.3.2 OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.3 OBJETIVOS PARTICULARES	15
1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.5 METODOLOGÍA.....	16
1.6 Resumen de Capítulos	16
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	18
2.1 Introducción.....	18
2.2 Fuentes de información	18
2.3 BIM.....	18
2.3.1 Historia de BIM.....	19
2.3.2 Qué es un Presupuesto	20
2.3.3 Qué es una Cuantificación.....	21
2.3.4 Qué es un Cronograma	21
2.3.5 Qué es Control de Obra.....	22
2.4 Etapas de BIM.....	23
2.4.1 ETAPA BIM 1: MODELADO BASADO EN OBJETOS	23
2.4.2 ETAPA BIM 2: COLABORACIÓN BASADA EN EL MODELO	24
2.4.3 ETAPA BIM 3: INTEGRACIÓN EN LA RED	25
2.4.4 Etapa 2D	26
2.4.5 Etapa 3D	27
2.4.6 Etapa 4D	27
2.4.7 Etapa 5D	27
2.4.8 Etapa 6D	28
2.4.9 Etapa 7D	28
2.5 BIM en México.....	28
2.6 BIM en el Mundo.	29
2.6.1 Ser BIMer en el mundo: ¿odisea u oportunidad?.....	29
2.7 Niveles de Detalle en Proyectos BIM.....	30
2.7.1 LOD como Nivel de Detalle	30
2.7.2 LOD como Nivel de Desarrollo	31
2.7.3 BIM 100.....	32

2.7.4	BIM 200	33
2.7.5	BIM 300	33
2.7.6	BIM 350	34
2.7.7	BIM 400	34
2.7.8	BIM 500	35
2.7.9	BIM 000	35
2.7.10	BIM 600	37
2.7.11	BIM X00	38
CAPÍTULO 3 ENCUESTAS, RESULTADOS, Y CASO DE ESTUDIO		40
3.1	Introducción	40
3.2	Tamaño de la Encuesta	40
3.2.1	Como elaborar un cuestionario	41
3.3	Cuestionario	41
3.3.1	Resumen de Resultados	44
3.4	Metodología de Implementación BIM 5D	50
3.5	Resultados del Caso de Estudio	52
3.5.1	Método tradicional	52
3.5.2	Método BIM	56
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS		81
4.1	Introducción	81
4.2	Análisis de Cuestionario o Encuesta	81
4.2.1	En promedio, ¿cuánto tardan en presupuestar un proyecto en tu empresa?	81
4.2.2	En promedio, ¿cuánto tardan en elaborar un cronograma en tu empresa?	82
4.2.3	¿Qué nivel de fiabilidad tienen los presupuestos elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa)	82
4.2.4	¿Qué nivel de fiabilidad tiene los cronogramas elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa)	83
4.2.5	¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de los presupuestos en tu empresa?	83
4.2.6	¿Qué herramientas utilizan para la cuantificación de proyectos en tu empresa?	84
4.2.7	¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de cronogramas en tu empresa?	84
4.2.8	¿Qué herramientas utilizan para el control de obra en tu empresa?..	85
4.2.9	¿Conoces BIM?	85
4.2.10	¿Has tenido experiencia con el uso de la herramienta BIM?	86
4.2.11	¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM?	86

4.2.12	¿Has tomado cursos a cerca de las herramientas BIM?	87
4.2.13	¿Cuál es tu nivel de conocimiento de las herramientas BIM? En escala del 1 al 5 (donde 1 es muy poco y 5 es mucho)	87
4.2.14	En porcentaje, ¿cuánto crees que se reduzca el tiempo en la elaboración de un presupuesto utilizando herramientas BIM vs el método tradicional?	88
4.2.15	¿En tu empresa utilizan herramientas BIM para la elaboración de presupuestos?	88
4.2.16	¿Qué tan preciso consideras que es realizar una cuantificación utilizando herramientas BIM?	89
4.2.17	¿Qué tan preciso consideras que es elaborar un presupuesto utilizando herramientas BIM?	89
4.2.18	¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para la elaboración de cronogramas?	90
4.2.19	¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para el control de obra de un proyecto?	90
4.2.20	¿Qué tan preciso consideras que es un cronograma realizado utilizando herramientas BIM?	91
4.2.21	¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar presupuestos?	91
4.2.22	¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar cronogramas?	92
4.2.23	¿Cuánto tiempo crees que tardaremos en implementar las herramientas BIM en la totalidad de la industria de la construcción de nuestro país?	92
4.2.24	¿Cuáles crees que sean los beneficios de la utilización de herramientas BIM para una empresa?	93
4.2.25	¿En cuánto consideras que el dominio de las herramientas BIM influyan en el sueldo que percibe un profesional en la industria?	93
4.2.26	¿A quién crees que benefician de mayor manera las herramientas BIM, al constructor o al cliente?	94
4.2.27	¿Consideras que la utilización de herramientas BIM representa una ventaja competitiva para una empresa?	94
4.2.28	¿Cuáles crees que sean los resultados al comparar la utilización de la herramienta BIM 5D en un proyecto vs los métodos tradicionales?	95
4.2.29	¿Qué te motivaría a implementar la herramienta BIM?	95
4.2.30	¿Hasta qué nivel crees que es adecuado para tu empresa?	96
4.3	Análisis de Caso de Estudio	96
4.3.1	Método Tradicional	96
4.3.2	Método BIM 5D	98
4.4	Análisis de Objetivos	101

4.4.1	Determinar el nivel de conocimiento de las herramientas BIM en la industria de la construcción.....	102
4.4.2	Determinar el uso de la herramienta BIM para la cuantificación y elaboración de presupuestos (5D).	102
4.4.3	Determinar el uso de la herramienta BIM para la elaboración de cronogramas y de control de obra (4D) por la industria de la construcción. ..	102
4.4.4	Se determinarán tiempos en la elaboración de presupuestos en los cuales se compara la metodología BIM contra los métodos tradicionales.	103
4.4.5	Se determinarán los tiempos y detalle de la planeación de los proyectos en la etapa de cronogramas y para el control de las obras.	104
4.4.6	Objetivo General. Se demostrará que el uso de la herramienta BIM 5D, reduce tiempos en la elaboración de presupuestos y cronogramas, con respecto a los métodos tradicionales.....	105
CAPÍTULO 5 CONCLUSIÓN.....		107
5.1	Introducción.....	107
5.2	Análisis de la Hipótesis.....	107
5.3	Futuras Líneas de Investigación	108
CAPÍTULO 6 Bibliografía.....		109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1, Resumen de Respuestas por tipo Si y No.....	44
Tabla 2, Resumen de Respuestas escala Linkend del 1 al 5	44
Tabla 3, Resumen de Respuestas por Software de Presupuesto	44
Tabla 4, Resumen de Respuestas por Software de Cuantificación.....	44
Tabla 5, Resumen de Respuestas por Software de Cronograma	44
Tabla 6, Resumen de Respuesta por Software de Control de Obra.....	45
Tabla 7, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 1	45
Tabla 8, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 2	45
Tabla 9, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 3	45
Tabla 10, Resumen de Respuestas por Tiempo	45
Tabla 11, Resumen de Respuestas por Tiempo de Implementación	45
Tabla 12, Respuesta Abierta Pregunta 1	45
Tabla 13, Respuesta Abierta Pregunta 2	46
Tabla 14, Respuesta Abierta Pregunta 24	47
Tabla 15, Respuesta Abierta Pregunta 25	47
Tabla 16, Respuesta Abierta Pregunta 26	48
Tabla 17, Respuesta Abierta Pregunta 28	49
Tabla 18, Respuesta Abierta Pregunta 29	50
Tabla 19, Tareas del cronograma 4D.....	71
Tabla 20, Duración de implementación de metodología tradicional	98
Tabla 21, Duraciones de primera implementación BIM 5D	100
Tabla 22, Duración de implementación BIM 5D por segunda ocasión	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 1 - Proceso lineal, fuente (Bimetriclab, 2016).....	24
Figura 2, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 2 – modelo lineal, fuente (Bimetriclab, 2016).....	25
Figura 3, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 3 – modelo lineal, fuente (Bimetriclab, 2016).....	26
Figura 4, Etapas de BIM, fuente (Sánchez, 2016).....	27
Figura 5, Nivel de Detalle en Diseño, fuente (CT Formación, 2016).....	30
Figura 6, Niveles de Detalle de desarrollo de proyecto BIM (LOD) (Madrid, 2015). 32	
Gráfico 1, Resumen de Respuesta Pregunta 1	81
Gráfico 2, Resumen de Respuesta Pregunta 2.....	82
Gráfico 3, Resumen de Respuesta Pregunta 3.....	82
Gráfico 4, Resumen de Respuesta Pregunta 4.....	83
Gráfico 5, Resumen de Respuesta Pregunta 5.....	83
Gráfico 6, Resumen de Respuesta Pregunta 6.....	84
Gráfico 7, Resumen de Respuesta Pregunta 7.....	84
Gráfico 8, Resumen de Respuesta Pregunta 8.....	85
Gráfico 9, Resumen de Respuesta Pregunta 9.....	85
Gráfico 10, Resumen de Respuesta Pregunta 10.....	86
Gráfico 11, Resumen de Respuesta Pregunta 11	86
Gráfico 12, Resumen de Respuesta Pregunta 12.....	87
Gráfico 13, Resumen de Respuesta Pregunta 13.....	87
Gráfico 14, Resumen de Respuesta Pregunta 14.....	88
Gráfico 15, Resumen de Respuesta Pregunta 15.....	88
Gráfico 16, Resumen de Respuesta Pregunta 16.....	89
Gráfico 17, Resumen de Respuesta Pregunta 17.....	89
Gráfico 18, Resumen de Respuesta Pregunta 18.....	90
Gráfico 19, Resumen de Respuesta Pregunta 19.....	90
Gráfico 20, Resumen de Respuesta Pregunta 20.....	91
Gráfico 21, Resumen de Respuesta Pregunta 21	91
Gráfico 22, Resumen de Respuesta Pregunta 22.....	92
Gráfico 23, Resumen de Respuesta Pregunta 23.....	92
Gráfico 24, Resumen de Respuesta Pregunta 24.....	93

Gráfico 25, Resumen de Respuesta Pregunta 25	93
Gráfico 26, Resumen de Respuesta Pregunta 26	94
Gráfico 27, Resumen de Respuesta Pregunta 27	94
Gráfico 28, Resumen de Respuesta Pregunta 28	95
Gráfico 29, Resumen de Respuesta Pregunta 29	95
Gráfico 30, Resumen de Respuesta Pregunta 30	96
Gráfico 31, Duración (días) de cuantificación y elaboración del presupuesto en Metodología tradicional y Metodología BIM	103
Gráfico 32, Duración (días) de elaboración de cronogramas y control de obra en Metodología Tradicional y Metodología BIM	105
Gráfico 33, Duración (días) en la realización del proyecto ejecutivo en Metodología Tradicional y Metodología BIM.....	106
Gráfico 34, Duración (días) en la implementación total de la metodología Tradicional y Metodología BIM.....	106

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1, Tamaño de muestra finita, fuente (Herrera, 2018).....	40
---	----

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 EL PORQUÉ DE LA TESIS

En la actualidad, se observa una gran ineficacia en la coordinación y control de los proyectos de construcción. Se utiliza una metodología y un software distinto e independiente para la cuantificación, la elaboración del presupuesto, la elaboración del cronograma y el control de obra. La independencia de cada uno de estos procesos con los demás crea conflicto e incertidumbre en cuanto al control de obra se refiere.

En experiencia propia, la aplicación de una metodología BIM 5D, influiría de manera muy significativa en una mejora en el control de obra en proyectos residenciales de nivel residencial medio. Esto debido a que una metodología BIM 5D ayudaría a conseguir una mejor coordinación multidisciplinaria del proyecto, así como un mejor control multidimensional, logrando controlar el cronograma y el presupuesto a la vez.

Para lograr esta metodología, propongo hacer primero un sondeo en el medio de la construcción en el estado de Jalisco para conocer qué tanto se conoce acerca del tema de BIM y cuál es la aceptación de la sociedad hacia el tema. En una segunda vertiente, se diseñará y aplicará la metodología BIM 5D en un caso de estudio y se compararán los resultados obtenidos contra la metodología tradicional.

1.2 ANTECEDENTES

BIM (*Building Information Modeling*) se conoce como un método para realizar simulaciones de forma digital sobre un proyecto, de una forma organizada y de acuerdo con datos del modelo arquitectónico, maneja la información de una manera eficiente. Esto permite gestionar la información de la mejor manera para que, durante la duración o vida del proyecto, se pueda controlar toda la información y detalles de manera rápida y sencilla sin necesidad de otros programas adyacentes. Gracias a esto, se pueden automatizar casi todos los procesos necesarios del proyecto (Franco, 2018).

Cuando lo que se necesita es planear el costo de una operación futura, en un determinado rango de tiempo, requerimos de un presupuesto y este será conformado por una estimación de las futuras operaciones y los recursos de dicha empresa. Se

deberá de tomar en consideración las metas económicas y, por consecuencia, los datos financieros que se generen. En lo general, un presupuesto será la expresión de intenciones futuras en términos monetarios (Martán, 2014).

Un cronograma es una planeación muy específica donde se enlistan los elementos y procesos necesarios para llevar a cabo una acción y sus fechas de comienzo y final (ITM Platform, 2016).

1.3 HIPOTESIS Y OBJETIVOS

A continuación, se presenta la hipótesis a ser demostrada en esta investigación, con el fin de dar solución al problema planteado en la investigación, fundamentándose con los objetivos particulares y generales.

1.3.1 HIPÓTESIS

La presente tesis se basa en la siguiente hipótesis:

“La aplicación de una metodología BIM 5D en proyectos residenciales, contribuyen a una optimización en tiempos en la elaboración de presupuestos y cronogramas, para el control de los proyectos.”

1.3.2 OBJETIVO GENERAL

Se demostrará que el uso de la herramienta BIM 5D, reduce tiempos en la elaboración de presupuestos y cronogramas, con respecto a los métodos tradicionales.

1.3.3 OBJETIVOS PARTICULARES

A continuación, se presentan los objetivos particulares con la finalidad de dar sustento al objetivo general y a la hipótesis.

- Determinar el nivel de conocimiento de las herramientas BIM en la industria de la construcción.
- Determinar el uso de la herramienta BIM para la cuantificación y elaboración de presupuestos (5D).
- Determinar el uso de la herramienta BIM para la elaboración de cronogramas y de control de obra (4D) por la industria de la construcción.
- Se determinarán tiempos en la elaboración de presupuestos en los cuales se compara la metodología BIM contra los métodos tradicionales.
- Se determinarán los tiempos y detalle de la planeación de los proyectos en la etapa de cronogramas y para el control de las obras.

1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación será fundamentada en dos vertientes, en la primera se determinará el nivel de conocimiento y factibilidad de implementación de las herramientas BIM, esto en la industria de la construcción, que será reflejada a partir de los industriales dados de alta ante la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), delegación Jalisco.

En la segunda parte, se utilizará un caso de estudio con el que se medirán los tiempos y la precisión, utilizando las herramientas BIM contra las herramientas tradicionales, para lo que se seleccionó una vivienda de interés medio con un tamaño mínimo de 200 m² de construcción en 2 niveles, localizado en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

1.5 METODOLOGÍA

La siguiente investigación se fundamenta en los siguientes pasos:

- Fundamentación teórica de la herramienta BIM.
- Determinar el tamaño de la encuesta.
- Elaboración de cuestionario.
- Elaborar levantamiento físico de la encuesta.
- Desarrollo de metodología de implementación BIM, para residencia de interés medio.
- Elaboración de caso de estudio comparando métodos tradicionales contra la metodología BIM.
 - Cuantificación.
 - Elaboración de Presupuesto.
 - Cronograma.
 - Control de Obra.
- Análisis de los resultados.
 - Encuestas.
 - Casos de Estudio.
 - Análisis de objetivos particulares y generales.
- Determinar el resultado de la Hipótesis.

1.6 Resumen de Capítulos

A continuación, se describe el resumen del contenido de cada capítulo:

- Capítulo 1, se determina el porqué de la investigación, se fundamenta una hipótesis para poder dar solución parcial o total al problema, estableciendo objetivos, alcances y limitaciones y su correspondiente metodología.
- Capítulo 2, es el estudio del arte con respecto a la metodología BIM, su implementación y uso en México.

- Capítulo 3, se determina el tamaño de la muestra, se establece el cuestionario, se obtienen resultados, se desarrolla la metodología BIM para viviendas de interés medio, y se elabora un caso de estudio.
- Capítulo 4, se realizará el análisis de los resultados obtenidos por las encuestas y los casos de estudio, con esto se fundamentarán los objetivos particulares, dando como resultado la justificación del objetivo general.
- Capítulo 5, se determinará si la hipótesis propuesta en el capítulo 1, es afirmativa o negativa, proponiendo nuevas líneas de investigación para casos futuros.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

Dentro de este capítulo se incluye el estudio del arte, de los conceptos a ser planteados dentro de esta investigación, los cuales fundamentan el uso de la herramienta BIM, sus etapas, y el nivel de detalle al diseñar.

Esto es fundamentado con estudios realizados por la industria de la construcción y por los especialistas de BIM en el mundo, en el cual sustentan el uso de la herramienta como una metodología para agilizar los procesos en las diversas etapas de los proyectos de construcción.

2.2 Fuentes de información

La siguiente tesis se fundamentó de las siguientes fuentes:

- Artículos Científicos (*Papers*).
- Documentos de Internet.
- Páginas de Internet (Espacio Lean BIM, ArchDaily, Espacio BIM, etc.)
- Libros.
- Enciclopedias (Enciclopedia Culturalia)
- Revistas Impresas.
- Entre otros.

2.3 BIM

BIM (*Building Information Modeling*) se conoce como un método para realizar simulaciones de forma digital sobre un proyecto, de una forma organizada y de acuerdo con datos del modelo arquitectónico, maneja la información de una manera eficiente. Esto permite gestionar la información de la mejor manera, para que durante la duración o vida del proyecto se pueda controlar toda la información y detalles de manera rápida y sencilla sin necesidad de otros programas adyacentes. Gracias a esto, se pueden automatizar casi todos los procesos necesarios del proyecto (Franco, 2018).

Debemos hacer la observación sobre la diferencia entre BIM y sistemas basados solo en software como pueden ser; Revit®, ArchiCAD®, AllPlan® y otros similares. BIM es una forma de trabajar sistemáticamente, mientras que los softwares mencionados son

donde este sistema puede aplicarse. Lo que significa que, estos son complementarios y apoyan al arquitecto a realizar su trabajo eficazmente (Franco, 2018).

Al modelar los proyectos en BIM se pueden incluir todas las características de los productos reales, como su geometría, costo, peso, etc. En este mismo se puede incluir la información del proveedor para que estos sean adquiridos una vez aprobado el presupuesto (Franco, 2018).

En bibliotecas digitales específicas se podrán encontrar librerías o productos, que nos permitirán incorporarlos dentro de nuestro proyecto arquitectónico de manera inmediata, con esto se pueden reducir los tiempos que tomaría realizar una especificación posterior y al tener lista la información ya cargada lograremos mejorar la calidad de la obra y disminuir los cambios de último momento, resolviendo los problemas con herramientas virtuales a nuestro alcance y todo esto en consecuencia nos consigue reducir el costo general de la obra (Franco, 2018).

Como complemento, se infiere que cada elemento por sí mismo obtendrá sus atributos y se le relacionará, probablemente de manera específica y, en consecuencia, paramétricamente, con cualquier otro objeto dentro del mismo proyecto: en el caso de que un objeto sea modificado, cualquier otro relacionado con el anterior también sufrirá un cambio (Franco, 2018).

En pocas palabras, con lo anterior nos podemos dar una idea de cómo arquitectos, clientes, constructores, ingenieros y cualquier otro personaje relevante se unen en este proceso inteligente que resulta benéfico para todos (Franco, 2018).

2.3.1 Historia de BIM

A continuación, se presentan de forma cronológica como BIM ha evolucionado con el paso del tiempo, de acuerdo con Pérez (2017):

- **1963:** Se desarrolla el primer sistema de CAD diseñado por Ivan Sutherland llamado *Sketchpad*, Es el primer programa informático capaz de crear líneas en la pantalla de una computadora.
- **1974:** Se puede considerar a Charles Eastman como el padre del BIM, Arquitecto formado en Berkeley y trabajador en ciencias de la computación en la Universidad Carnegie Melon desarrollará en 1974 el sistema BDS cuando ni si quiera existiera ordenadores personales. El BDS (*Building Description System*) tiene todos los ingredientes del actual BIM. En dicho software se aborda el problema del proyecto desde una base de datos en la que se han separado los componentes del edificio en distintas piezas. Eastman critica la

falta de coherencia en la información arquitectónica al no venir toda ella de un solo modelo.

- **1982:** Nace AutoCAD de AutoDesk.
- **1984:** Después de desarrollar varios softwares de CAD para su propia oficina técnica, George Nemetschek crea *Allplan*. *Allplan* se puede considerar el segundo software BIM de la historia para ordenadores personales.
- **1985:** En este mismo año nace *PseudoStation* desarrollado por Bentley. Más tarde cambiará el nombre a *Microstation*.
- **1993:** Graphisoft hace la primera versión de *ArchiCAD* para Windows. Se convierte en el primer software CAD-BIM multiplataforma.
- **1996:** Dibel Graphisoft desarrolla la versión 6 de Minicad disponible para Windows y Mac. Se convierte en el segundo CAD-BIM multiplataforma.
- **1997:** Leonald Raiz e Irwin Jungreis, trabajadores de PTC (*Parametric Technology Corporation*), empresa que se dedica a la creación de software de ingeniería desde 1985, dejan dicha empresa para formar Charles River Software, Germen de Revit. La compañía fue renombrada posteriormente como Revit Technology Corporation apareciendo la primera versión de Revit el 5 de abril del 2000. Revit trató de distribuir el software de una forma novedosa, sin distribuidores físicos, solo con una suscripción mensual a través de internet.

Dado que, tanto Leonid como Irwin, venían del mundo de la ingeniería, contrataron al arquitecto David Conant para ayudarles en el diseño de interface.

- **2002:** Autodesk compra Revit por 133 millones de dólares.
- **2009:** Hasta el año 2009 Revit mantiene una interface basada en iconos similares a la del año 2002.
- **2010:** en este año Revit cambia totalmente su interface, asimilando la tecnología *Ribbon* (Cinta) que mantiene en la actualidad.

2.3.2 Qué es un Presupuesto

Cuando lo que se necesita es planear el costo de una operación futura, en un determinado rango de tiempo, requerimos de un presupuesto y este será conformado por una estimación de las futuras operaciones y los recursos de dicha empresa. Se deberán de tomar en consideración las metas económicas y, por consecuencia, los datos financieros que se generen. En lo general, un presupuesto será la expresión de intenciones futuras en términos monetarios (Martán, 2014).

Por lo tanto, dentro de nuestra empresa, cuando queremos planear a futuro, debemos realizar un presupuesto. Debemos de hacernos las siguientes importantes preguntas: ¿Cuál es la meta de ventas?, ¿Cómo llegaremos a esa meta?, ¿De cuánto será la inversión? y, lo mejor de todo, debemos de saber cuánto vamos a generar de ganancias en un determinado periodo de tiempo. El objetivo de saber cuánto ganaremos en un determinado tiempo no se logrará si el presupuesto lo realizamos con base en experiencia y no en datos actuales y certeros (Martán, 2014).

2.3.3 Qué es una Cuantificación

Cuantificar es la acción de nombrar una cantidad (Enciclopedia Culturalia, 2014).

Si queremos cuantificar cualquier cosa, a lo que nos referimos es, convertir cualquier acción, cosa o fenómeno en valores numéricos. Si se dice que alguien gana mucho dinero en su empleo, esto será cualitativo, pero si se especifica que este empleo es ser CEO de una empresa y se gana 100 mil USD al año entonces será cuantitativa (Enciclopedia Culturalia, 2014).

2.3.4 Qué es un Cronograma

Un cronograma es una planeación muy específica donde se enlistan los elementos y procesos necesarios para llevar a cabo una acción y sus fechas de comienzo y final (ITM Platform, 2016).

El cronograma es algo relacionado específicamente al tiempo del proyecto y sus etapas, no incluye otras áreas relacionadas con el mismo (ITM Platform, 2016).

2.3.4.1 ¿Cómo se representa gráficamente un cronograma?

Varios tipos de cronograma existen según su representación gráfica. A continuación, se expondrán los más utilizados (ITM Platform, 2016).

2.3.4.2 Diagrama de Gantt

Muy probablemente sea la representación gráfica de cronograma más utilizada. Consiste en la representación de las tareas en forma de barras sobre un eje temporal que se establece en el eje de las coordenadas (eje X). Su ventaja y característica principal es la facilidad para ver las fechas de inicio y fin de cada proyecto, su duración y la superposición con otras tareas (ITM Platform, 2016).

A su favor contamos con el hecho de que la mayoría de trabajadores se encuentran acostumbrados a utilizarlo, esto nos lleva a un período de aprendizaje muy corto para manejarlo con fluidez.

2.3.4.3 Diagrama de PERT

En esta representación del cronograma en la que no se tiene en cuenta el eje temporal, sino únicamente las tareas y las relaciones que se establecen entre ellas.

Cada tarea suele representarse como una caja que contiene los procesos que la integran. Las cajas se ordenan según el orden de la secuencia temporal en la que se llevarán a cabo y relaciones de causalidad. Es decir, aquellas tareas que se realizarán en primer lugar ocupan las cajas situadas a la izquierda. Las siguientes tareas según el orden temporal ocuparán cajas situadas más a la derecha. El uso de flechas permite establecer relaciones de causalidad y dependencia entre los procesos. Una tarea tiene una relación de dependencia o causalidad con aquellas tareas de las que recibe una flecha (ITM Platform, 2016).

2.3.4.4 Cronograma de hitos

Un hito es un hecho relevante en el desarrollo de un proyecto. Por tanto, no todas las tareas son hitos. Se suele considerar hitos las fechas clave de entrega de proyectos, reuniones destacadas o alguna otra actividad o acontecimiento relacionado con la actividad de la empresa que sea relevante (ITM Platform, 2016).

Puede tratarse de un gráfico obtenido a partir de la reducción de otros, especialmente el diagrama de Gantt, o puede ser realizado de forma completamente aislado sin que esto repercuta en lo más mínimo (ITM Platform, 2016).

2.3.4.5 Línea base y cronograma actualizado

Se trata del cronograma de referencia. Es el cual, una vez se ha realizado, se pondrá a prueba ante el comité de dirección de la empresa para que este sea aprobado. Este cronograma se tomará como los cimientos del proyecto, siendo considerado como el cronograma del proyecto y el más importante para el mismo. Sobre de este se irá realizando otro cronograma, el cual representará la realidad de la obra y, al estar directamente sobre el de referencia, se podrán hacer todo tipo de comparaciones de manera rápida, eficiente y en tiempo real (ITM Platform, 2016).

2.3.5 Qué es Control de Obra

Siempre se debe de estar observando la fluctuación de los costos; en este proceso podemos monitorear el proyecto y su situación para lograr tener un presupuesto actualizado y solicitar cambios si son requeridos. Siempre se deben utilizar datos reales y no especulaciones para que el presupuesto realmente esté actualizado (UACM, 2018).

Una gran ayuda es observar la relación entre el gasto de fondos y el trabajo real efectuado a cambio de dichos gastos. El gasto de un proyecto, como lo mencionamos, debe de observar la relación entre costo-beneficio, por lo tanto, debemos comprender que el solo hecho de estar dentro de presupuesto no significa que el proyecto vaya por buen camino. El control de costos del proyecto incluye, de acuerdo con UACM (2018):

- Influir en los factores que producen cambios en la línea base de costo.
- Asegurarse de que todas las solicitudes de cambio se lleven a cabo de manera oportuna.
- Gestionar los cambios reales, cuando y conforme suceden.
- Asegurarse de que los gastos no excedan el financiamiento autorizado para el proyecto, tanto por periodo como total.
- Monitorear el desempeño de los costos para detectar y comprender las variaciones con respecto a la línea base aprobada de costo.
- Monitorear el desempeño del trabajo con relación a los fondos en los que se ha incurrido.
- Evitar que se incluyan cambios no aprobados en los informes sobre costos o utilización de recursos.
- Informar a los interesados pertinentes acerca de todos los cambios aprobados y costos asociados.
- Realizar acciones para mantener los sobrecostos previstos dentro de límites aceptables.
- El control de costos del proyecto busca las causas de las variaciones positivas y negativas, y forma parte del proceso para realizar el control integral de los cambios.

2.4 Etapas de BIM

2.4.1 ETAPA BIM 1: MODELADO BASADO EN OBJETOS

Para implementar BIM debemos de hacer uso de una *“herramienta 3D de software paramétrico basada en objetos”* (Bimetriclab, 2016), parecida a: ArchiCAD®, Revit, Digital Project® o Tekla®. Dentro de la primera etapa, el usuario debe de modelar el proyecto en una sola disciplina, dentro de alguna de las siguientes fases de un proyecto: Diseño [D], Construcción [C] u Operaciones [O]. Con ellos se realizará principalmente la automatización para la realización de documentos en 2D y visualizaciones en 3D. Otros de los atributos que podemos encontrar en la primera etapa podrían ser la inclusión de datos, principalmente en forma de listados, ya sea con mediciones, costos o cantidades, también elementos conceptuales en 3D, pero archivos que no requieran mucho espacio, (ejemplo: DWF 3D, 3D PDF, NWD, etc.) los cuales tienen propiedades que no son posible cambiar. Los modelos basados en

objetos tienden a resolver de forma fácil y oportuna problemas dentro del diseño y construcción, de esta manera acelerando el proyecto (Figura 1) (Bimetriclab, 2016).

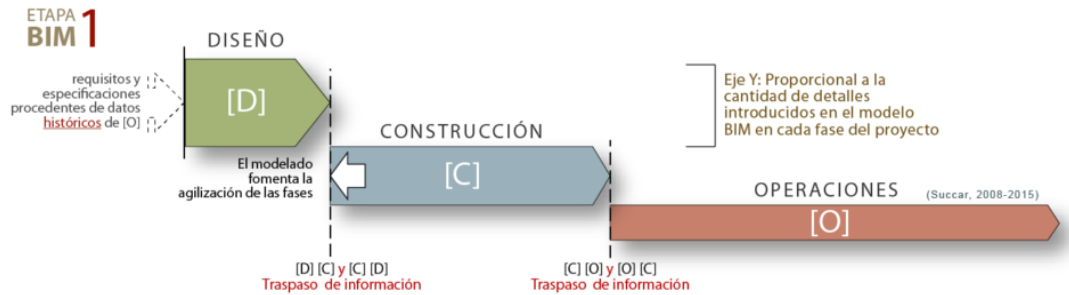


Figura 1, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 1 - Proceso lineal, fuente (Bimetriclab, 2016)

La Figura 1 muestra como las fases se logran integrar: de manera lineal de cómo seguirá siendo realizado el proyecto, aunque la construcción y el diseño se llevarán a cabo al mismo tiempo para ser más eficientes. Entonces, cuando la Etapa BIM 1 sea completada, quienes participan en BIM verán la conveniencia de haberlo hecho. Con los beneficios que obtendrán de esta etapa los llevará a la siguiente, Etapa BIM 2 (Bimetriclab, 2016).

2.4.2 ETAPA BIM 2: COLABORACIÓN BASADA EN EL MODELO

Cuando se obtiene una vasta experiencia en el modelado unidisciplinario por medio de la Etapa BIM 1, los actores de la Etapa BIM 2 llevarán a cabo, de manera activa, todas las disciplinas. Debido a la tecnología, el trabajo en conjunto podrá ser realizado en gran cantidad de maneras, en función a las herramientas BIM que cada participante seleccione (Bimetriclab, 2016).

Si bien las fases dentro del mismo proyecto están muy bien definidas, se puede dar lugar a colaboración entre fases. El grado de desarrollo de la Etapa 2 logra alterar el detalle del modelado en cualquier fase del proyecto, esto se debe a que los modelos conforme son desarrollados adquieren mayor detalle y estos sustituyen a sus contrapartes de menor detalle (Figura 2) (Bimetriclab, 2016).

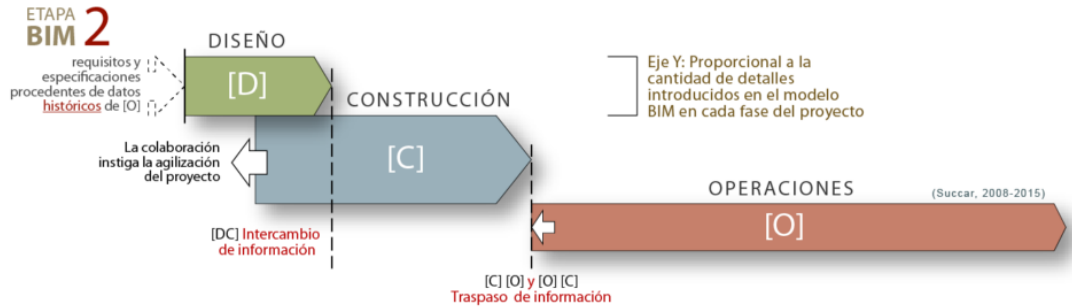


Figura 2, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 2 – modelo lineal, fuente (Bimetriclab, 2016)

La Figura 2, representa cómo se altera la intensidad de modelado dentro del proyecto en cada una de sus fases, con esto generamos una buena integración del proceso. Como se muestra en la Figura 2 los constructores impulsan más en BIM 2, otorgan servicios que van de la mano con sus propuestas y también por los proyectistas que han sido agregados por ellos mismos, también otorgan información de construcción y aprovisionamiento dentro de los modelos. Dentro de todas las fases, se obtendrán cambios en la semántica de acuerdo a la rapidez con la que los modelos detallados sustituyan a los anteriores de diseño estructural e instalaciones mecánicas (Bimetriclab, 2016).

2.4.3 ETAPA BIM 3: INTEGRACIÓN EN LA RED

Dentro de esta etapa, harán modelos semánticamente abundantes, los cuales se compartirán, y su mantenimiento será dado por ambas partes, el que comparte y al que le es compartido, durante todas las fases de nuestro proyecto. Gracias a tecnologías de modelo servidor es como esto se puede, se realizará por bases de datos individuales, integradas, distribuidas, federadas y/o a través de SaaS (Software como Servicio, *Software as a Service*). Viéndolo desde el proceso, se debe de llevar con sincronía el paso de información entre el modelo y los datos documentales induciendo a las fases del proyecto a que se superpongan, obteniendo así un proyecto fluido que no aparenta tener fases (Figura 3) (Bimetriclab, 2016).

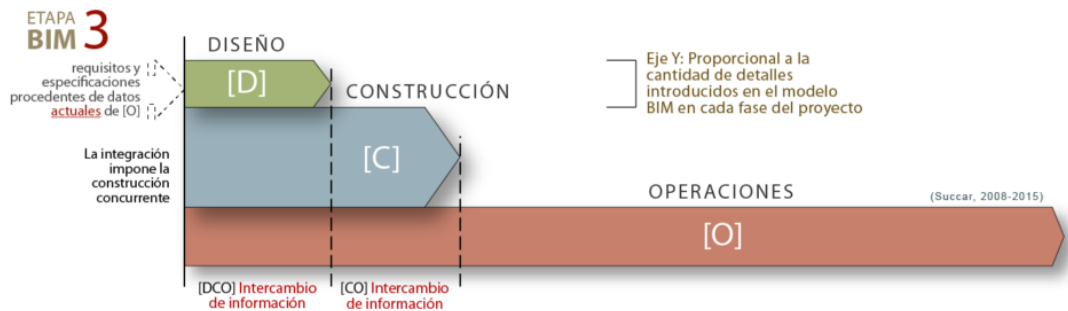


Figura 3, Fases del ciclo de vida del Proyecto en Etapa BIM 3 – modelo lineal, fuente (Bimetriclab, 2016)

La Figura 3, representa cómo la construcción concurrente se lleva a cabo con la construcción de la red (Bimetriclab, 2016).

Cuando estemos por concluir el modelo basado en objetos, se podrá apreciar cómo el espacio entre fases se ha visto disminuido. Cuando la colaboración se encuentre en su punto máximo, los participantes de cada fase comenzarán a ingresar a las otras fases. Al final, cuando, por norma, la integración de red sea necesaria, se superpondrán el diseño, la construcción y la operación, puede ser de manera parcial o puede llegar a ser total (Bimetriclab, 2016).

2.4.4 Etapa 2D

2D = El boceto: Se dispone de un software para modelaje; presentamos los materiales; se definirán las energías y cargas de la estructura; por último, instituiremos las bases para la sostenibilidad del proyecto (Sánchez, 2016).



Figura 4, Etapas de BIM, fuente (Sánchez, 2016)

2.4.5 Etapa 3D

3D = Modelo de información del edificio: Si volvemos a la información anterior nos podremos dar cuenta que este modelo 3D nos servirá como base por toda la vida útil del proyecto. Este no solo será un *sketch* o representación del tipo modelo del proyecto, este también contendrá especificaciones que servirán a lo largo del proyecto -dimensiones- BIM (Sánchez, 2016).

2.4.6 Etapa 4D

4D = Tiempo: Hasta la fase anterior se podría considerar nuestro modelo de proyecto como estático, pero ahora debemos agregar el tiempo. De esta manera podremos crear una planificación temporal; en la cual podremos introducir parámetros temporales como; ciclo de vida, sol, viento, energía, etc. (Sánchez, 2016).

2.4.7 Etapa 5D

5D = Costo: Prácticamente será ingresar el presupuesto. Para lo único que esto nos podría ayudar es la rentabilidad del proyecto (Sánchez, 2016)

2.4.8 Etapa 6D

6D = Simulación: También nombrada *Green BIM* o BIM verde, se pondrán a prueba las distintas formas de llevar a cabo el proyecto y se escogerá la que resulte mejor para nuestras necesidades. Esto será realizado antes de que la obra siquiera inicie (Sánchez, 2016).

2.4.9 Etapa 7D

7D = Manual de instrucciones: Prácticamente es el manual de usuario que deberá de ser seguido siempre dentro del proyecto y, cuando este haya sido concluido y la edificación se encuentre en pie, será utilizado para inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc. (Sánchez, 2016).

2.5 BIM en México

La Fundación de la Industria de la Construcción (FIC) es la asociación que está empujando para lograr tener una norma NMXBIM, la cual sería la número 1 en Latinoamérica, a su vez dando origen al grupo BIM FORUM MÉXICO, en el cual se integran los principales grupos de la construcción para lograr formar una base de mayor competitividad (Enlace Arquitectura, 2018).

Dentro de lo académico, BIM está dada como materia obligatoria en las mejores universidades del país.

Es muy notorio cómo se apuesta al desarrollo y se desea ganar competitividad en varios sectores de la industria en México (Enlace Arquitectura, 2018).

Las normas para BIM a nivel internacional denotan una gran madurez, lo que las hace muy estrictas, por lo cual México tiene la oportunidad de crear procesos comunes para BIM mediante procedimientos probados.

De manera inmediata, se puede iniciar con proyectos de construcción utilizando BIM, esto basándose en normas que están en proceso de creación. Industria de la Construcción NMX-000-11-2015 Modelado de Información para la Construcción, esta sería la primera norma BIM jamás creada en México (Enlace Arquitectura, 2018).

2.6 BIM en el Mundo.

El BIM, en el panorama mundial, ha sido tan favorable, que su evolución ha llegado a niveles exponenciales, de esta manera creciendo su participación en la economía de muchos países como EUA, Canadá, Reino Unido, Alemania o Francia, a los mismos que les interesa meter BIM dentro del sector AECO. Podemos prever que para el año 2020 podamos conseguir un aumento de hasta 12% en Norte América, 13% en Europa y Asia, y 11% en el resto del mundo de acuerdo al mercado. Los países con mayores inversiones hasta 2016 son Australia, Países Bajos y Suiza. (CT Formación, 2016)

Con esto solo podemos concluir que los países más desarrollados son los cuales llevan el liderazgo de esta carrera, y como elite de elite están los europeos. Para el año 2016, en Reino Unido se tendrá el *Level 2* obligatorio. Como los escoceses, quienes en 2017 implementaron BIM en proyectos mayores de alto capital. En otros países como Francia y Alemania hay varias organizaciones que tienen como meta liderar el BIM: es el caso de Plan *Transition Numérique dans le Bâtiment* y el *Planen Bauen 4.0*, respectivamente. Para 2018 en España también será imperativo el uso del BIM, cuando menos en la obra pública. Los escandinavos han comenzado con el BIM desde años atrás y son los líderes en la materia. En Finlandia, Dinamarca y Noruega el uso del BIM es obligatorio y su objetivo actual es hacer edificios más verdes que respeten de mejor manera su entorno y contaminen menos, sobre todo en cuanto a calefacción se refiere. En los Países Bajos, en gran parte de sus caminos construidos, se ha utilizado el programa SAA que contiene esta metodología.

A nivel global, la concentración del BIM tiene una mejor distribución, en Latinoamérica, se le observa más en Chile, Perú o Colombia, en donde un perfil BIM dará como resultado una más rápida contratación y en América del Norte también, sobre todo en Estados Unidos, donde se ha publicado la 1er versión de la *National BIM Guide for Owners* y Canadá, otro de los usuarios principales fue CanBIM. En Corea del Sur y China, el BIM tiene una amplia aceptación. En China se tiene una norma nacional para la implementación de BIM (CT Formación, 2016).

2.6.1 Ser BIMer en el mundo: ¿odisea u oportunidad?

Algunos aún no están convencidos de si invertir en una educación BIM sea buena elección, pero gratamente les puedo decir que sí lo es, las instituciones educativas

cada vez ofrecen mejor nivel educativo respecto a BIM ya que se dan cuenta que es algo muy necesario. De acuerdo a *McGraw-Hill Construction*, Norte América es el principal destino para alguien que le interesa el BIM, ya que es el que más experiencia tiene, en segundo lugar, Europa y tercero, Corea del Sur. Todo esto reforzado por el origen de los que lo utilizan: los norteamericanos consiguen el primer lugar con casi un 75%, segundo es Corea del Sur con 51% y Australia y Nueva Zelanda con 49% (CT Formación, 2016).

El 65% de arquitectos que han utilizado ya BIM obtienen un ROI positivo. Esta metodología ha sido de adopción muy rápida y se espera se disperse rápido entre compañías, lo cual generaría un alza en la necesidad de personal capacitado en este. La gran mayoría de los que usan BIM no solo lo hace para obtener modelos 3D sino por la facilidad de visualización de la documentación del proyecto, así como varios beneficios más (Figura 5). De acuerdo con un estudio realizado por Autodesk, la falta de convencimiento de las empresas sigue siendo el mayor obstáculo, sobre todo en las pequeñas empresas, ya que no existen pruebas fehacientes de gastos y retorno de la inversión.



Figura 5, Nivel de Detalle en Diseño, fuente (CT Formación, 2016)

2.7 Niveles de Detalle en Proyectos BIM

El acrónimo LOD (*level of development* o nivel de desarrollo) corresponde a dos definiciones distintas y que pueden generar confusiones (Madrid, 2015).

2.7.1 LOD como Nivel de Detalle

El Nivel de Detalle (*Level Of Detail*) es la evolución o cantidad de información de la construcción que existe; siempre está en aumento y está de acuerdo al proyecto, los costos y el presupuesto, así como a la planeación temporaria que se tenga. Fue

definido por la empresa Vico, crean errores de interpretación con el acrónimo LOD del Nivel de Desarrollo (*Level of Development*) (Madrid, 2015).

“Singapore BIM Guide” v1.0 en 2012 establece un marco paralelo entre fases de un mismo proyecto, los niveles de detalle, y las escalas de los entregables. Las pautas para el trabajo diario son distintas a las habituales, el proyecto puede ser modificado y revisado por varios agentes quienes también tienen injerencia en la toma de decisiones. Se puede utilizar en proyectos tradiciones de desarrollo normal, cuando la información respecto a calidad y cantidad iban de la mano y siempre adelante.

El grado de detalle se informa mediante las siguientes letras (A, B, C...) o letras y números (G0, G1, G2...) depende de la norma de la metodología que se está utilizando (Madrid, 2015).

Estas normas de publicación inglesa PAS 11922/3/4 y BS 8541:2011 ayudan a precisar los niveles (A.78: Esquemático, Conceptual y Definido), también logran definir los siguientes conceptos: *Level of Definition*, *Level of Model Detail*, *Level of Model Information*, etc.

2.7.2 LOD como Nivel de Desarrollo

El LOD como *Level of Development* es parecido a definir la edad de un proyecto o su madurez (Madrid, 2015).

Se debe tener claro que el LOD nunca se refiere el desarrollo o construcción, simplemente es un medidor interno del proyecto. El documento E-203 define el estándar donde se da cabida a incluir elementos no modelados (denominados “NM”) dentro de la clasificación correspondiente que sería la global (MET - Tabla de Elementos del Modelo). Los elementos para los que no se cuenta con una intención de modelado dentro del proyecto o construcción, poniendo énfasis en elementos que no pertenecen al proyecto y algunos que sí forman parte de este, pero, de igual forma, no serán modelados.

La elasticidad de la metodología prioriza mucho los modelados basados en el mantenimiento o la valoración, obteniendo una información geométrica más ligera, pero sin perder su fiabilidad y rigidez (Figura 6) (Madrid, 2015).



Figura 6, Niveles de Detalle de desarrollo de proyecto BIM (LOD) (Madrid, 2015).

2.7.3 BIM 100

Como nivel básico podemos encontrar el BIM 100, donde se presentan los elementos de una forma conceptual de acuerdo al proyecto, con un grado de definición, dado por el diseñador (Madrid, 2015).

El objeto o elemento puede ser representado por una simbología o una forma de representación genérica. No se requiere que tenga una definición geométrica, aunque esto dependa del tipo de objetos que se estén trabajando o definiéndolos de forma gráfica o geoméricamente. Algunos elementos pueden ser desarrollados de acuerdo al nivel que se encuentre el proyecto para su ejecución. Usos de acuerdo con Madrid (2015):

- Análisis: En base a dimensiones geométricas (si existen), orientación y ubicación, así como relación con otros elementos.
- Costo: estimación de costos en relación a datos como área, volumen o similares (unidades, por ejemplo). Habitualmente, el parámetro de mayor utilidad en este LOD.
- Programación: el elemento puede ser utilizado para determinación de fases y duraciones.
- Coordinación: No aplicable.
- Otros: a definir por este LOD o siguientes.

2.7.4 BIM 200

Aquí es donde el elemento debe quedar definido gráficamente, se deben especificar cantidades, tamaño, forma y/o ubicación dentro del proyecto a llevar a cabo. En el cual, la información no necesariamente tiene que ser gráfica. (Madrid, 2015)

Un elemento u objeto que no esté geoméricamente definido, pero sí determinado por su posición. Cuenta con aproximaciones de dimensiones, forma, ubicación y orientación. Se le vincula con elementos mundiales o cuando la definición exacta está dada por un agente ajeno (Madrid, 2015).

Es el primer LOD donde incluimos información no gráfica, donde se puede incluir su costo (no estimado del LOD 100) y también se puede hacer mención de características de los envoltentes: fabricante, peso, dimensión, manuales de operación y mantenimiento. Sus usos de acuerdo con Madrid (2015):

- Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios generales del proyecto.
- Costo: Estimación avanzada de costos vinculados a datos geoméricos y de cantidades propios de este nivel. Este costo deriva del propio elemento y no de otros elementos.
- Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.
- Otros: a definir por este LOD o siguientes.

2.7.5 BIM 300

De nuevo se define gráficamente el proyecto, pero ahora da la forma más precisa posible, información no gráfica puede estar dentro de esta fase. (Madrid, 2015)

El detalle geométrico del elemento es mayor y bien definido, así también su posición, forma parte de un sistema constructivo específico, su montaje y uso se llevará a cabo respetando y/u observando cantidades, dimensiones, forma, ubicación y orientación.

Usos según Madrid (2015):

- Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- Costo: Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra.

- Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades.
- Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros.
- Otros: A definir por este LOD o siguientes.

2.7.6 BIM 350

Prácticamente igual al LOD 300 pero ahora detectará la interferencia de los elementos de un proyecto. Es popular dentro de proyectos independientes u otra desagregación de proyecto específica (Madrid, 2015).

En lo general, se modifica en gran parte el proyecto comparado con LOD 300 donde los criterios se definen para hacer prioritario el respeto a la estructura frente a las instalaciones, y estas frente a arquitectura. Se necesita una coordinación perfecta entre todos los elementos, consiguiendo que la obra sea ejecutada de manera correcta, disminuyendo en gran medida los errores.

2.7.7 BIM 400

Es definido geoméricamente a detalle el elemento, y su posición, formar parte específicamente de un sistema constructivo, uso de acuerdo con: volúmenes, tamaños, formas, figuras, localización y una orientación detallada de forma completa, datos del fabricante, y su proceso de fabricación, así como de sus especificaciones que requiere el proyecto para el arranque y puesta en marcha (Madrid, 2015).

Sigue existiendo la oportunidad de agregar información no gráfica, mientras esta pertenezca a la misma. Usos de acuerdo con Madrid (2015):

- Análisis: El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y los sistemas o conjuntos constructivos a los que pertenece. Puede requerir información no gráfica complementaria.
- Costo: Valoración específica y precisa del elemento en base a datos concretos de fabricación y puesta en obra según precio de compra del mismo.
- Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos y criterios de prioridades, así como plazos de fabricación y tareas vinculadas a esta.
- Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto de acuerdo a dimensiones, ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos. Se incluye la detección de colisiones entre elementos.
- Otros: Solo se aplica a elementos que tienen necesidades específicas de este LOD, parecidas a las del LOD 300 pero con un mayor grado de precisión.

2.7.8 BIM 500

Es definido geométricamente a detalle el elemento, y su posición, formar parte específicamente de un sistema constructivo, uso de acuerdo con: volúmenes, tamaños, formas, figuras, localización y una orientación detallada, información de fabricación específica para el proyecto (Madrid, 2015).

Se tiene la posibilidad de introducir información no gráfica que vaya con nuestro objeto.

La información de esta fase se revisará en base al proceso de construcción final y su relación con el mismo (*as built*) este no estará disponible para todos los elementos del proyecto. El criterio se definirá por las normativas que se sigan. La información de esta fase se sobrescribirá sobre la de fases anteriores, haciéndola completamente la más nueva y en buena forma (Madrid, 2015).

Cualquier objeto podrá ser definido en LOD 500 aun y cuando anteriormente no haya formado parte del funcionamiento, el autor será siempre el responsable de la ejecución del mismo.

Usos:

LOD 500 se utiliza por lo general pensando a futuro y puede incluir: el estado actual en el que se encuentra, declaración de especificaciones y declaración de que, si será utilizado, uso y mantenimientos directos o indirectos, gestión y explotación, también se harán cargo de las renovaciones y modificaciones (Madrid, 2015).

2.7.9 BIM 000

La ubicación condiciona desde un inicio al proyecto desde la fase de estudios previos, aunque este incluya una posibilidad de un cambio tardío de aplazamiento, este siendo definitivo o de orientación tomando de referencia el terreno del conjunto (Madrid, 2015).

El aplazar el proyecto en la fase de diseño y presupuesta de la iniciativa, esto es lo que tendrá mayor influencia en las fases próximas.

Se deberán incluir todos los datos necesarios como pueden ser: altura, estudio geotécnico, posición, etc. Así como la situación climática, necesidades locales y

puntos de referencia. Así como las propias del terreno como son los datos de catastro, que incluyen dueños, tamaño y forma, uso, etc. (Madrid, 2015).

Se definirán las condiciones de urbanística legalmente aplicables a la zona, las cuales por lo general comprenden: altura máxima, anclaje en el terreno adjunto o colindante, tipo de acabado y donación de superficies o áreas. Todo este tipo de requerimientos suele no tener cambios a lo largo de la vida del proyecto, aun con los LODs que le pertenecen.

En esta fase de LOD a todos los elementos se le dará definición de su uso y cómo se relaciona con la construcción completa (Madrid, 2015).

Cuando tenemos un caso donde se requiere realizar cambios o se trata de rehabilitar una construcción, en esta fase de LOD debemos de tener muy bien identificado el estado con que se recibe dicha edificación y planear si esta será restaurada, demolida o reciclada y, en algunos casos, alguna combinación de las anteriores. Debemos resaltar la utilización de nuevas tecnologías como resonancia magnética o modelaje en 3D, se obtendrá la capacidad de poner datos geométricos, color, coordenadas de GPS.

Puede darse el caso que un elemento no esté definido geoméricamente en su totalidad, aunque otras medidas básicas si deben de estarlo, como: posición, ubicación y orientación de acuerdo con su entorno. Normalmente para esto se observa la información no gráfica pertinente al objeto. Usos según de acuerdo con Madrid (2015):

- **Análisis:** El Elemento puede ser analizado para su funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y su relación con el entorno, terreno y edificios colindantes. Se incluyen los análisis energéticos previos derivados de condiciones climáticas (temperatura, humedad, vientos, etc.) propios del lugar y de su relación con el entorno. Compuesto de información no gráfica principalmente.
- **Costo:** Estimación de costos/gastos en virtud de las características propias del emplazamiento y la distancia a otros entornos (fábricas, núcleos de población, conexiones a redes generales, transporte, etc.).
- **Programación:** El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos propios del lugar (plazos de licencias, épocas de lluvias/heladas, etc.).
- **Coordinación:** El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos de uso y mantenimiento específicos. Incluye la detección de colisiones entre elementos ajenos al proyecto (edificios colindantes, topografía, conexiones a infraestructuras, etc.)

- Otros: por definir.

Si contamos con una ubicación dada y su pronóstico de clima, podemos calcular la habitabilidad máxima, la cual no es necesario que sea precisa y puede no ser igual a otras obtenidas en fases más avanzadas del proyecto, estos datos nos permitirán realizar estudios de probabilidad urbanística, económica y energética entre otros (Madrid, 2015).

Será posible realizar una planeación relacionada a objetos del proyecto, vistos en fases iniciales, como lo son movimientos terrestres, acopios, reparación de elementos, etc. Estos pueden cambiar a lo largo de todo el proyecto.

2.7.10 BIM 600

Respecto de los parámetros de los objetos del modelo para su reciclaje, donde se incluye objetos que ya fueron determinados en el LOD 400 y anteriores (Madrid, 2015).

La legislación referente a construcción vertical que ha sido impuesta en países europeos respecto a eficiencia energética al Madrid (2015), hace referencia a Horizonte (2020) y al hecho de que se tendrá que reciclar el 70% de residuos en el año 2030, por lo que controlar el gasto energético de los edificios pasa a ser primordial.

Dentro del nivel LOD 500 se llevará a cabo el mantenimiento de estos edificios, aunque no se incluirán de forma directa los problemas del gasto de energía (Madrid, 2015).

Todos formarán parte de la plausibilidad de realizar el mantenimiento o renovación requeridos, dentro de las etapas de pre- diseño, diseño, obra, mantenimiento y demolición.

Dentro de esta fase del desarrollo, suponemos, será el LOD 000 de una renovación o mantenimiento integral, donde debemos de observar qué tan fiables son los datos otorgados en esta fase y la fiabilidad con la que se podría acceder al LOD 000, esto en referencia a los objetos que tengan que ser destruidos y reciclados y también los que serán desechados en futuras fases, dando toda la información necesaria al siguiente nivel (Madrid, 2015).

El detalle geométrico del elemento no estará bien definido, sin embargo, las condiciones para su reciclaje sí se encontrarán completas, siendo estos: materiales propios o sus propiedades, daño al medio ambiente, su vida útil, longitud desde el punto de fabricación y donde se pueda reciclar, peso, volumen, la forma de trabajar el producto y cómo se desinstala. Se basará en información no gráfica referente al objeto deseado o de interés en el momento. Usos según Madrid (2015):

- Análisis: El elemento debe incluir sus detalles de desmontaje, derribo y reciclaje. Compuesto de información no gráfica principalmente.
- Costo: Estimación de costos/gastos en virtud de las necesidades de reciclado del elemento, vinculados a cuestiones como vida útil, amortización, valor de renovación, etc. propias del emplazamiento y la distancia a otros entornos (puntos de reciclaje, factorías, núcleos urbanos, zonas protegidas, etc.).
- Programación: El elemento deberá tener en cuenta su vida útil, la fiabilidad en su utilización y los costos derivados del reciclado, así como tasas o penalizaciones relacionados.
- Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a planificaciones de reciclado (ver Programación), así como su afección en el resto de elementos del proyecto durante su modificación (retirada, descenso de eficacia, toxicidad, etc.).
- Otros: por definir.

2.7.11 BIM X00

Contemporáneamente es de lo más normal asistir a eventos de manera virtual, desde los videos juegos hasta video conferencias con los más altos niveles de importancia (Madrid, 2015).

La dificultad de estos aumenta día a día y pareciera no tener límites, la industria ya demanda sus propios especialistas, dentro de los que se incluyen ingenieros y arquitectos, para dotar a la interface de mayor efectividad y buen realismo a los mundos virtuales creados. Es muy factible que dentro de un corto tiempo la metodología BIM se utilice dentro de los procesos, se necesitarán datos muy específicos. Sin embargo, se vinculará al realismo obtenido con fases bajas del promedio, por lo que se relacionará con niveles de LOD más tempranos (LOD 000 a LOD 200).

Dentro de este nivel se incluirá la actividad que ya ha comenzado, el escaneado en 3D de construcciones edificadas los cuales serán removidos de su lugar actual o serán demolidos, de esta forma podemos tener un modelo virtual para realizar pruebas y escoger la mejor manera de realizar la actividad (Madrid, 2015).

El objeto tendrá varios grados de definición en distintas etapas del proyecto y, una vez conjugadas, obtendremos el mejor detalle de esta, se tendrán cosas como la textura se podrá añadir más información no gráfica a este elemento. Usos según Madrid (2015):

- Análisis: El Elemento puede ser analizado para su visibilidad y funcionamiento en base al uso de criterios específicos del propio elemento y su relación con el entorno, ambiente y situación climática. Compuesto de información no gráfica principalmente.
- Costo: No aplicable.
- Programación: El elemento puede ser utilizado para mostrar planificaciones de tiempos vinculados a los aspectos gráficos (distancia, velocidad, ángulo de visión, etc.).
- Coordinación: El elemento puede ser utilizado para coordinarse con otros elementos del proyecto en base a ubicación, trayectorias y distancias respecto a otros, incluyendo datos relacionados con la topografía u otros. Incluye la detección de colisiones entre elementos ajenos al proyecto (edificios colindantes, topografía, viarios, circulaciones, etc.).
- Otros: por definir.

CAPÍTULO 3 ENCUESTAS, RESULTADOS, Y CASO DE ESTUDIO

3.1 Introducción

Dentro de este capítulo se determinará el tamaño de la muestra, el cuestionario a ser implementado con de los integrantes de la CMIC delegación Jalisco, y los resultados obtenidos por el levantamiento.

A su vez, se presenta el caso de estudio para ser analizado y su metodología de implementación. Aunado a los resultados del caso de estudio que se implementará la herramienta BIM.

3.2 Tamaño de la Encuesta

Cuando se busca obtener el tamaño de la muestra, cuando se tiene un universo finito, o que se puede contar, y la variable es categórica, antes que nada, se debe conocer “N” que es la cantidad total de casos que se esperan obtener o que han ocurrido en los años anteriores. (Herrera, 2018)

Cuando se tiene una población finita, y se desea saber cuántos elementos de la población se tendrán que estudiar, se debe utilizar la siguiente fórmula (Ecuación 1): (Herrera, 2018)

Ecuación 1, Tamaño de muestra finita, fuente (Herrera, 2018)

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{d^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$
$$n = \frac{589 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.1^2(589 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$
$$n = 39.86 \approx 40 \text{ encuestas}$$

Donde:

- N = Total, de la población (589 empresas dadas de alta en la CMIC)
- Z_{α} = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)
- p = proporción esperada (en este caso 50% = 0.5)
- q = $1 - p$ (en este caso $1 - 0.5 = 0.5$)
- d = precisión (en su investigación use un 15%).

3.2.1 Como elaborar un cuestionario

Un cuestionario es útil cuando se busca adquirir la información necesaria, si el objetivo de nuestra investigación es conocer la influencia que tiene un fenómeno social, su conexión con otro fenómeno o los motivos y el cómo ocurre, en especial cuando se requiere conocer la opinión de una considerable cantidad de personas. (Fernandez, 2007).

Es recomendable indagar si existen estudios previos sobre el tema que se desea investigar, esto no solo ayudará para conocer más sobre dicho tema, sino que también para conocer los instrumentos con los que se obtuvo la información y de qué manera fueron utilizados. (Fernandez, 2007)

Para elaborar un cuestionario se deben seguir las siguientes fases:

- Describir la información necesaria
- Elaborar las preguntas y sus tipos
- Redactar una introducción y los pasos a seguir
- Diseñar la apariencia formal del cuestionario

3.3 Cuestionario

Este formulario fue elaborado con fines académicos con el objetivo de obtener el título de Maestría en Administración de la Construcción. El objetivo es conocer acerca de la utilización de herramientas BIM en la industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Nombre:

Empresa en la que labora:

Puesto:

1. En promedio, ¿cuánto tardan en presupuestar un proyecto en tu empresa?
R.
2. En promedio, ¿cuánto tardan en elaborar un cronograma en tu empresa?
R.
3. ¿Qué nivel de fiabilidad tienen los presupuestos elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa).

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. ¿Qué nivel de fiabilidad tiene los cronogramas elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa).

1 2 3 4 5

5. ¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de los presupuestos en tu empresa?

Neodata Opus Campeon Enkontrol Excel Otros

(En dado caso de otro, ¿cuál?)

6. ¿Qué herramientas utilizan para la cuantificación de proyectos en tu empresa?

Generador a Mano Excel Nomogramas Neodata Opus Otros

(En dado caso de otro, ¿cuál?)

7. ¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de cronogramas en tu empresa?

Project Primavera Excel Neodata Opus Gráficas de Barras Otros

(En dado caso de otro, ¿cuál?)

8. ¿Qué herramientas utilizan para el control de obra en tu empresa?

Neodata Opus Campeon Enkontrol Excel ERP Otros

(En dado caso de otro, ¿cuál?)

9. ¿Conoces BIM?

Sí No

10. ¿Has tenido experiencia con el uso de la herramienta BIM?

Sí No

11. ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM?

Sí No

12. ¿Has tomado cursos a cerca de las herramientas BIM?

Sí No

13. ¿Cuál es tu nivel de conocimiento de las herramientas BIM? En escala del 1 al 5 (donde 1 es muy poco y 5 es mucho).

1 2 3 4 5

14. En porcentaje ¿cuánto crees que se reduzca el tiempo en la elaboración de un presupuesto utilizando herramientas BIM vs el método tradicional?

0% 20% 50% 75% 100%

15. ¿En tu empresa utilizan herramientas BIM para la elaboración de presupuestos?

16. ¿Qué tan preciso consideras que es realizar una cuantificación utilizando herramientas BIM?

0% 20% 50% 75% 100%

17. ¿Qué tan preciso consideras que es elaborar un presupuesto utilizando herramientas BIM?
0% 20% 50% 75% 100%
18. ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para la elaboración de cronogramas?
Sí No
19. ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para el control de obra de un proyecto?
Sí No
20. ¿Qué tan preciso consideras que es un cronograma realizado utilizando herramientas BIM?
100% 95% 90% 80% Menos del 80%
21. ¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar presupuestos?
1 mes 6 meses 1 año 2 años más de 2 años
22. ¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar cronogramas?
1 mes 6 meses 1 año 2 años más de 2 años
23. ¿Cuánto tiempo crees que tardaremos en implementar las herramientas BIM en la totalidad de la industria de la construcción de nuestro país?
1 año 5 años 10 años 20 años más de 20 años.
24. ¿Cuáles crees que sean los beneficios de la utilización de herramientas BIM para una empresa?
R.
25. ¿En cuánto consideras que el dominio de las herramientas BIM influyan en el sueldo que percibe un profesional en la industria?
R.
26. ¿A quién crees que benefician de mayor manera las herramientas BIM?, ¿al constructor o al cliente?
R.
27. ¿Consideras que la utilización de herramientas BIM representa una ventaja competitiva para una empresa?
Sí No
28. ¿Cuáles crees que sean los resultados al comparar la utilización de la herramienta BIM 5D en un proyecto vs los métodos tradicionales?
R.
29. ¿Qué te motivaría a implementar la herramienta BIM?
R.
30. ¿Hasta qué nivel crees que es adecuado para tu empresa?
3D(modelado) 4D costos 5D planeación y control 6D Sustentabilidad
7D Operación y Mantenimiento Ninguna

3.3.1 Resumen de Resultados

A continuación (Tablas 1 a la 18), se presenta un resumen de respuestas por tipo de pregunta.

Tabla 1, Resumen de Respuestas por tipo Si y No

	Si	No
Pregunta 9	36	8
Pregunta 10	28	16
Pregunta 11	12	32
Pregunta 12	22	22
Pregunta 15	6	38
Pregunta 18	5	39
Pregunta 19	5	39

Tabla 2, Resumen de Respuestas escala Linkend del 1 al 5

	1	2	3	4	5
Pregunta 3	0	1	7	28	8
Pregunta 4	1	5	20	13	5
Pregunta 13	11	12	16	4	1

Tabla 3, Resumen de Respuestas por Software de Presupuesto

	Campeon	Enkontrol	Excel	Excel y opus	Neodata	Opus	Sinube
Pregunta 5	2	1	15	1	20	4	1

Tabla 4, Resumen de Respuestas por Software de Cuantificación

	Civil 3D	Excel	Generador a mano	Neodata	Opus	Revit y Excel	Tekla
Pregunta 6	1	34	1	5	1	1	1

Tabla 5, Resumen de Respuestas por Software de Cronograma

	Excel	Excel y opus	Excel, Project	Gráficas de barras	Neodata	Primavera	Project
Pregunta 7	14	1	2	3	3	1	20

Tabla 6, Resumen de Respuesta por Software de Control de Obra

	Civil 3D	Enkontrol	Excel	Neodata	Neodata y Excel	No aplica	Opus	Programa administrativo propio	SAP
Pregunta 8	1	3	28	6	1	1	1	1	2

Tabla 7, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 1

	0%	20%	50%	75%	100%
Pregunta 14	2	9	17	15	1

Tabla 8, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 2

	Menos del 80%	80%	90%	95%	100%
Pregunta 16	2	12	14	13	3
Pregunta 17	2	7	16	18	1

Tabla 9, Resumen de Respuestas por Escala Porcentual 3

	Menos del 80%	80%	85%	90%	95%	100%
Pregunta 20	4	3	10	10	15	2

Tabla 10, Resumen de Respuestas por Tiempo

	1 mes - 6 meses	1 año - 2 años	Más de 2 años
Pregunta 21	22	21	1
Pregunta 22	30	12	2

Tabla 11, Resumen de Respuestas por Tiempo de Implementación

	1 año - 5 años	10 años	20 años	Más de 20 años
Pregunta 23	23	15	4	2

Tabla 12, Respuesta Abierta Pregunta 1

1. En promedio ¿cuánto tardan en presupuestar un proyecto en tu empresa?	
Una semana	1-3 semanas, depende del proyecto
Nos hemos visto con el problema de que, en ocasiones, es difícil llegar al presupuesto final cuando tenemos las ingenierías. Hemos tardado hasta 3 meses en conseguir un presupuesto final.	1-2 días.
2 a 3 días	Depende del proyecto
1 semana	Una semana, con proyecto ejecutivo
3 días	1 día
4 días	1 mes

3 días	3 días
Depende, pero un promedio de 3 a 4 días. Lo más tardado es la cuantificación.	Una semana
4 días	1 semana
Presupuestos pequeños de 2 a 3 días, grandes de 15 a 30 días hábiles	7 días
5 días	7 a 10 días
Dos semanas	Uno o dos días
1 mes	2 semanas
48 horas	1-2 meses
3 a 4 semanas	3 días
1 semana	3 días
1 mes	De 1 a 2 semanas dependiendo de la magnitud del proyecto
2 semanas	Dos semanas
5 días	2 meses
1 semana	1 semanas
2 semanas	1 semana
2 días	Aproximadamente de 2 a 3 semanas

Tabla 13, Respuesta Abierta Pregunta 2

2. En promedio ¿cuánto tardan en elaborar un cronograma en tu empresa?	
Una hora	Una semana
3 semanas	No hacemos cronogramas
Un día	Lo mismo que con el proyecto, depende
medio día	Un día
1 día	1 día
2 días	2 semanas
Medio día	1 día
Más de 2 semanas de planeación	Dos semanas
2 días	1 día
Una semana	7 días
3 días	2 días
Tres días	Un día
1 semana	2 semanas
No hacemos cronogramas	4 días
5 horas	2 días
1 semana	1 día
1 semana	4 días
3 días	Una semana
3 días	1 mes
4 días	2 días
2-3 semanas	1 día
2 días	Después de firma de contratos, entre 3 y 7 días

Tabla 14, Respuesta Abierta Pregunta 24

24. ¿Cuáles crees que sean los beneficios de la utilización de herramientas BIM para una empresa?	
Fiabilidad y rapidez	Reducción de tiempos y una cuantificación de materiales más precisa
Sobre todo, en ahorro de tiempo y eficiencia a la hora de construir	Mayor avance en el proyecto y presupuesto más preciso.
Ahorros en ejecución de obra	Agilizar tiempos
detección de errores y cruce de ingenierías	Reducción de tiempos
Calidad de información, reducción de tiempos, certeza en el monto del presupuesto y cronograma.	Rapidez y precisión
Mejora en tiempos	Evitar errores y mayor control
Optimización de tiempos y reducir errores	Efectividad
Control de tiempos, costos, precisión en cuantificaciones, control de cambios.	Visión general de las partes de un proyecto
Minimizar errores, detectar colisiones	Cuantificar, cambios de proyecto y su re-cuantificación
Eficiencia y organización	No me gusta
Control de una obra en todos sus aspectos	Precisión, Rapidez, Practicidad
Optimizar recursos	Colaboración entre empresas y procesos optimizados
Optimización de recursos	Mejorar el tiempo de diseño y construcción
Eficacia	Ahorro de tiempo, menos gasto en papelería, eficacia, orden al trabajar
Desconozco	Exactitud
Rapidez en los procesos y datos más exactos	Reducción de costo y tiempo
Reducir tiempos y recursos para la etapa de plantación de los proyectos	Crecimiento, rápida respuesta al cliente
Mayor control	Relacionar a todas las ingenierías y arquitectura
Rapidez y efectividad administrativa y de ejecución	Efectividad
Optimización de costos y Tiempos	Trabajo múltiple simultáneo
Eficiencia	Mayor precisión en las cuantificaciones y un panorama más acertado del proyecto para la planeación de la ejecución del mismo
Mejor precisión y servicio	Velocidad, precisión y agilidad en los procesos previos a construcción

Tabla 15, Respuesta Abierta Pregunta 25

25. ¿En cuánto consideras que el dominio de las herramientas BIM influyan en el sueldo que percibe un profesional en la industria?	
70%	Cada vez se exige más utilizar herramientas BIM (Revit), por lo menos en los proyectos que nos han llegado este año, tal vez aun no es muy significativo, pero conforme se implemente este sistema como requisito, aumentaran los sueldos para quien lo domine
Yo creo que en un 30% yo sí estaría dispuesto a contratar a un especialista con este sobre costo.	50%
En un 10 %	No mucho
En algunos años puede influir hasta el 50%	20-30%
Actualmente es importante ya que no hay demasiados, conforme se vaya incrementando su uso dejará de ser importante.	No lo sé

Debería ganar más que alguien que no lo use	En México, actualmente poco
30%	Marca una grande diferencia
Actualmente no mucho quizás 20 o 30% mayor, a mediano plazo será indispensable y mejor valorado.	Es muy valorado en algunas empresas dedicadas a obra, pero no en todas
Depende del giro, pero más de un 15% de su sueldo	10%
No se	No tengo idea
Si puede estar un 30% arriba de su competencia	Ambos
3 años	Actualmente mucho, pronto deberá ser requisito mínimo.
20% más	Debería influir mucho
Quizá un gran porcentaje	A mi punto de vista creo que debería de ser muy importante, ya que son herramientas nuevas que no todo mundo conoce y sabe manejar
Desconozco	En un 50%
Deberían de influir	Aumentaría el salario al ser un profesionista innovador, posiblemente 50% más de lo que percibe.
30%	Bastante
50%	Mucho
Influye mucho, pocos lo dominan	Más de 35%
Aumentaría un 20-25% la percepción del sueldo	Depende de sistema de trabajo de la empresa
En 5 años valorarán el BIM	20% +
Mucho	Actualmente depende mucho de la empresa y el historial del trabajador, pues son pocas las empresas que lo implementan y consideran estos conocimientos como un valor agregado

Tabla 16, Respuesta Abierta Pregunta 26

26. ¿A quién crees que benefician de mayor manera las herramientas BIM, al constructor o al cliente?	
Constructor	A ambos, en mayor parte al constructor
Definitivo al constructor.	A todos
Al constructor	Ambos
Ambos	Ambos. Al constructor con la organización y al cliente con tiempos de ejecución de su obra.
Al constructor.	A los 2
A los dos	Los dos
Al constructor	Constructor
Al constructor en primer lugar, las herramientas están hechas para él. El cliente lo verá muy bien.	Cliente
Constructor	CONSTRUCTOR
A ambos	Cliente
Ambos	Constructor
A todos	Ambos.
Ambos	ambos
Mutuo	Creo que ha ambos, para el cliente es más atractivo un modelo en Revit o alguna otra herramienta BIM para el constructor le sería más fácil llevar a cabo lo que se le está pidiendo cuidando tiempo y dinero
Desconozco	Cliente
Constructor	Al constructor
Ambos	Ambos
Ambos	Constructor

Ambos	Ambos
Al constructor	Al cliente y al constructor contratado
Ambos	Al constructor
Ambos	Ambos, pues al hacer más eficaz los procesos se ahorra dinero y tiempos

Tabla 17, Respuesta Abierta Pregunta 28

28. ¿Cuáles crees que sean los resultados al comparar la utilización de la herramienta BIM 5D en un proyecto vs los métodos tradicionales?	
Eficiencia, economía	El ahorro de tiempo, mano de obra y una mejor presentación con el BIM ya que permite que varias ingenierías trabajen sobre el proyecto y además se pueden generar todos los documentos del proyecto
Una velocidad considerable y una resistencia al cambio.	Mayor precisión
Ahorros en ejecución de obra	Qué sería más rápido y preciso
percepción real y cuantificadores más certeros	Asertividad en cuantificación, presupuestos y uso de materiales
Mayor exactitud y menor tiempo de ejecución.	Eficiencia
Más eficiente el método BIM	Mayor precisión y control
Reducción de tiempos y errores	Eficiencia
Atención en muchos detalles que no se consideraban y un tiempo de respuesta inmediato. Soluciones más prácticas y eficaces.	Eficiencia en tiempos de ejecución y costos
Fácil de visualizar, agilizar tiempos, menores errores mayor coordinación	Cuantificación muy cercana a la realidad, más control
Mejores operaciones	Se necesita mucha infraestructura para poder aplicar bien
Menores tiempos perdidos más eficiencia	Mayor productividad y eficiencia
Favorables	Mejores tiempos de entrega, orden y ahorros.
Optimización de recursos y mejor control.	Todos estarían visualizando un mejor proyecto
Que existe una verdadera plantación	Menor tiempo en trabajo, más atractivo para el cliente, sería más fácil venderle esto a una persona ya que es más llamativo para cualquier persona
Desconozco	Más exactitud
Mejores resultados más rapidez y exactitud en la elaboración del proyecto	Los resultados deberían de ser los mismos, sólo que el con la herramienta BIM sería más sencillo llegar a ese resultado.
Control y nivel de detalle	Buenos
Mayor certeza del proceso	Mayor eficiencia y mayor control
Efectividad total	Efectividad
Mayor fiabilidad del proyecto y optimización del mismo	El mejor software o método de trabajo es el que sabes hacer
Muy buenos	Mayor precisión
Mejores resultados	La utilización de herramientas BIM le da ventaja por encima de las tradicionales debido a su velocidad y facilidad

Tabla 18, Respuesta Abierta Pregunta 29

29. ¿Qué te motivaría a implementar la herramienta BIM?	
Ahorros en operación.	Que ya se está convirtiendo en una exigencia y las ventajas de esta herramienta son significativas contra el método común
A conseguir una mayor eficiencia y eficacia a la hora de construir y sobre todo ahorrar tiempos.	Cursos
Que hubiera una capacitación enfocada a mi área	Me ahorre tiempo
Capacitación en la empresa	Eficiencia
Aumentar la rentabilidad de los proyectos.	Reducir tiempos
Hacer más eficiente mi trabajo	Es el futuro de la construcción
Más eficiencia en los procesos	Mejorar conocimientos
Bastante. Falta aprenderla mejor, pero está dentro de mis planes a corto plazo.	Que se le dé el valor que merece BIM en la industria de la construcción por parte del cliente
Controlar la obra	Un proyecto que lo solicite.
Atender mejor a mis clientes	Menor infraestructura en personal
Que lo valoren nuestros clientes y lo paguen	Competitividad e innovación
La optimización	Mayor capacidad de trabajo con mayor calidad.
Estar a la vanguardia.	El estar usando lo más actual dentro del área
Saber que puedo crecer con esta herramienta	Las utilidades que estos modelos en BIM podrían dejar y el tiempo que te ahorrarías al utilizar herramientas de fácil uso y eficiente.
Desconozco	Cursos de capacitación
Crecimiento	La innovación y claro está los beneficios que ésta conlleva
Estar a la vanguardia	Crecimiento de mi empresa
Rapidez y control	Que otras empresas lo utilicen para trabajar en conjunto
Edificación	Conocimiento
Desarrollo de nuevas tecnologías y una mayor utilidad dentro de la empresa	Rapidez en alimentación de información
Que lo paguen.	Mayores utilidades y el evitar tener que caer en convenios de reprogramación
Más clientes, más reconocimiento, mejor posicionamiento ante la competencia	Mismos puntos comentados anteriormente

3.4 Metodología de Implementación BIM 5D

El caso de estudio será implementado en un proyecto real de vivienda de interés medio, ubicado en Los Robles Residencial, Zapopan, Jalisco. Dicha vivienda se encuentra en un terreno de 210 m² y tiene un área de construcción de 239 m². La vivienda del caso de estudio tiene las siguientes características:

- Cimentación a base de zapatas corridas y aisladas de concreto armado de 200 kg/cm².
- Muros de tabicón de jalcreto de 11x14x28 cm.
- Castillos y columnas de concreto armado de 150 kg/cm².
- Losas nervadas con casetón de poliestireno y concreto armado de 200 kg/cm².

- Instalaciones de red de agua potable a base de tubería de CPVC.
- Instalaciones de red sanitaria a base de tubería de PVC.
- Instalaciones de red de gas a base de tuberías de fierro galvanizado.
- Aplanados de yeso en interiores y enjarres de mortero 1:3 en exteriores.
- Pintura en muros tipo vinílica en distintos colores, según proyecto arquitectónico.
- Pisos y azulejos cerámicos en distintos acabados y formatos no mayores de 60 x 60 cm.
- Carpintería de madera marfil, acabado en laca.
- Cocina de melanina con cubierta de granito.

A continuación, se encuentran descritos los pasos a seguir para el correcto seguimiento e implementación de la metodología BIM en proyectos de vivienda de interés medio de más de 200 m² en 2 niveles en la zona metropolitana de Guadalajara, y su comparación contra los métodos tradicionales de presupuestación y control de obra.

Proceso BIM

1. Elaboración del modelo de proyecto en Revit, modelado 3D.
2. Revisión de catálogo universal de tarjetas de la empresa, para identificar claves, códigos y unidades, de los básicos que se utilizarán en el modelo BIM.
3. Codificación de modelo BIM 3D.
4. Exportar base de datos ODBC de Revit a MS Access.
5. Crear consultas por partidas, códigos y cantidades en MS Access.
6. Copiar y pegar conceptos de las consultas de MS Access a Neodata.
7. Correr universal de tarjetas para ajustar volúmenes de obra desde MS Access.
8. Desarrollo de presupuesto base por partidas.
9. Exportar archivo Revit a Naviswork.
10. Codificar por partidas el árbol de códigos en Naviswork.
11. Generar *Timeline* con código de partidas y conceptos en Naviswork.
12. Exportar a MS Project Código de Partidas y Conceptos desde Naviswork.
13. Elaboración de cronograma con MS Project.
14. Captura de Presupuesto por conceptos y partidas en MS Project a partir de Neodata.
15. Exportar desde MS Project a Naviswork presupuesto y cronograma.

16. Elaborar autoajuste de conceptos y partidas por elemento, para desarrollo de control de avance.
17. Generar proyecto de desarrollo en *Timeline* del proyecto de construcción y verificar que la planeación este correcta.
 - a. En dado caso de ajuste, se moverá la planeación desde MS Project.
 - b. Se actualizará en forma automática desde Naviswork.
18. Elaboración de video de recorrido en obra.
19. Generar avance por volumen en MS Project, y actualizar Naviswork.
20. Desarrollar control de avance semana con puntos de trabajo.
21. Desarrollo de interface entre Naviswork y Móvil, para generar reportes ejecutivos.

Método Tradicional

1. Elaboración de planos del proyecto en 2D.
2. Cuantificación con generadores en Excel.
3. Elaboración de Presupuesto en Neodata.
4. Elaboración de Programa de obra en MS Project.
5. Control de Avance por Volumen desde Excel y MS Project.

3.5 Resultados del Caso de Estudio

3.5.1 Método tradicional

3.5.1.1 Elaboración de planos del proyecto en 2D.

Lo primero con lo se debe contar es con los planos del proyecto a ejecutar. Es importante tener los planos de todas las disciplinas que están involucradas en el proyecto (arquitectónico, estructural, instalaciones, etc.). En la metodología tradicional se utilizan planos en 2D, cuya información está limitada a lo que el proyectista o dibujante consideró importante incluir en los planos (Ilustración 1).

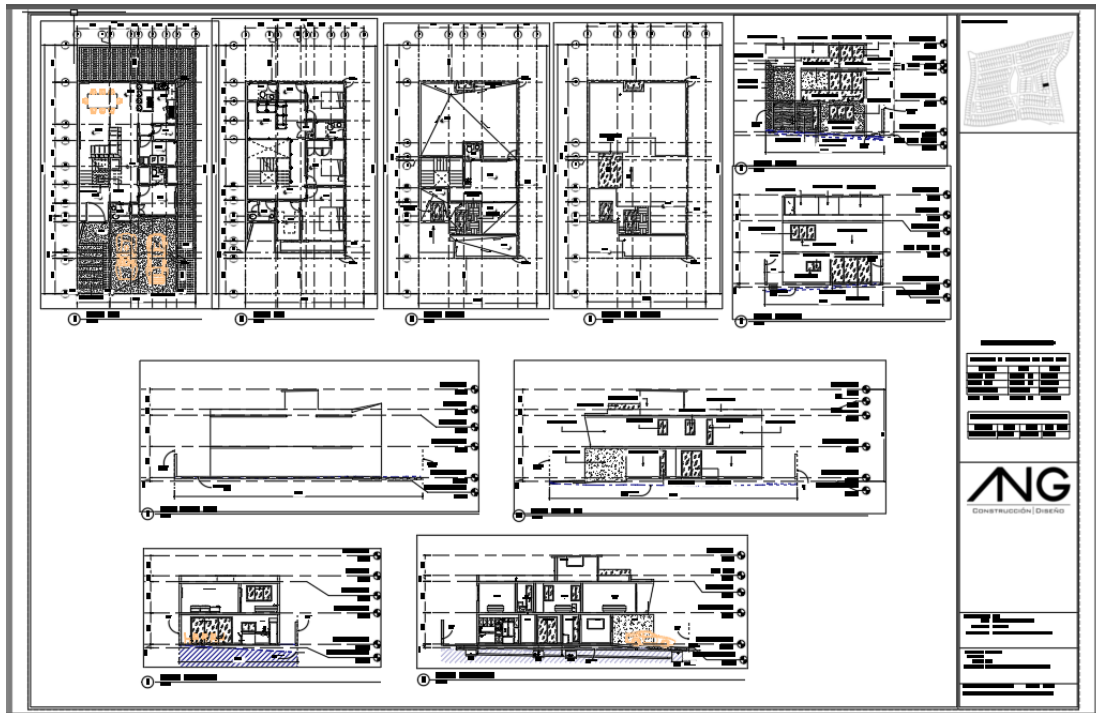


Ilustración 1, Proyecto arquitectónico en Autocad

En este caso, se realizó el proyecto arquitectónico en Autocad, en base al diseño que ya se había acordado con el cliente. Una vez aprobado el anteproyecto arquitectónico, se procede a realizar el proyecto ejecutivo en el que se realizan los planos en su totalidad para que se pueda ejecutar la obra.

3.5.1.2 Cuantificación con generadores en Excel.

Una vez que ya se cuenta con el proyecto ejecutivo en 2D, se procede a cuantificar el mismo por medio de generadores en Excel.

Hay conceptos que son muy sencillos de cuantificar, por ejemplo, los sanitarios, que solo basta con contar los sanitarios existentes en los planos.

Pero existen otros conceptos que no son tan sencillos de cuantificar como lo es el acero de refuerzo. Para la cuantificación del acero de refuerzo se utilizó un generador en Excel en el que ingresa la longitud y el calibre de la varilla para obtener el peso de dicho elemento (Ilustración 2).

LONGITUDINALES								
LONG.	CALIBRE	No.	#	# TRASL.	TRASLAPE	LONG.	PESO x m	PESO TOTAL
m	#	PZAS	GRADOS	#	m	TOTAL (m)	(kg)	(kg)
4.40	2.5	10	180.0	-	-0.000	4.4	0.388	1.707

OBTENCION DE PESO DE ESTRIBOS RECTANGULARES														
SECCION EFECTIVA		CALIBRE	RECUBR.	SECCION ARMADO		LONG.	DOBLEZ	LONG.	PESO	PESO	LONG.	SEP. ESTR.	CANT.	PESO x cast.
b (cm)	h (cm)		(cm)	b (cm)	h (cm)	RECT. (cm)	(cm)	x PZA (m)	x m (kg)	x PZA (kg)	CAST. (m)	(cm)	ESTRIBOS	+ desp. (kg)
18.0	100.0	3.0	3.5	11.0	93.0	208.0	5.5	2.19	0.560	1.226	6.500	20	33	40.471

GRAPAS											
LONGITUD			LONG	SEP. GRAP	ELEM.	LONGITUD	VARILLA	PESO	PESO	DESPERD.	PESO
PROPIA (m)	ADIC. (m)	TOTAL (m)	CAST (m)	(cm)	IGUALES	FINAL (m)	No.	kg/m	(kg)	%	REQ. (kg)
0.50	-	0.50	1.90	5.00	14.000	7.000	3.0	0.560	3.92	3.0%	4.038

OBTENCION DE PESO DE ESTRIBOS CIRCULARES													
DIAMETRO	CALIBRE	RECUBR.	SEC. ARM.	LONG.	DOBLEZ	LONG.	PESO	PESO	LONG.	SEP. ESTR.	CANT.	PESO x cast.	PESO
D (cm)		(cm)	D (cm)	RECT. (cm)	(cm)	x PZA (m)	x m (kg)	x PZA (kg)	CAST. (m)	(cm)	ESTRIBOS	+ desp. (kg)	x m (kg)
6.0	2.0	4	52.0	188.5	2.0	1.90	0.248	0.472	1.000	8	14	6.746	6.746

Ilustración 2, Generador de Acero en Excel

Bajo este método se debe cuantificar cada varilla por separado e ir sumando sus pesos agrupándolos por diámetro y por elemento al que pertenecen (trabe, columna, losa, etc.).

De esta manera, por medio de generadores en hojas de cálculo de Excel se cuantifican todos los elementos que participan en el proyecto ejecutivo, al haber muchos elementos que no se encuentran debidamente detallados en los planos hay muchos datos que se suponen o se inventan en base a la experiencia.

3.5.1.3 Elaboración de Presupuesto en Neodata.

Una vez que se cuenta con la cuantificación del proyecto ejecutivo en los generadores de Excel, se pasan todos los volúmenes cuantificados a las tarjetas de precios unitarios de Neodata (Ilustración 3).

Ma	Remisión	Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe	Ind. Especial	Ind. Especial
160	1	PU00895	4	MURO COMUN 14 CM TABICON A SOGA	M2	197.3355	\$250.49	\$49,580.86		0.00
170	1	PU28883	4	CASTILLO CONCRETO K0 14x14CM 1 CARAS	PZA	3.0000	\$493.63	\$1,480.89		0.00
180	1	PU28882	4	CASTILLO CONCRETO K0 14x14CM 2 CARAS	PZA	11.0000	\$661.46	\$7,276.06		0.00
190	1	PU284	4	CASTILLO CONCRETO K0 14x14CM 3 CARAS	PZA	8.0000	\$829.31	\$6,634.48		0.00
200	1	PU329	4	CASTILLO CONCRETO K1 20x14CM 1 CARAS	PZA	3.0000	\$797.76	\$2,393.28		0.00
210	1	PU811	4	CASTILLO CONCRETO K1 20x14CM 2 CARAS	PZA	10.0000	\$985.61	\$9,856.10		0.00
220	1	PU3877	4	CASTILLO CONCRETO K1 20x14CM 3 CARAS	PZA	10.0000	\$1,205.39	\$12,053.90		0.00
230	1	PU188	4	CASTILLO CONCRETO K1 20x14CM 4 CARAS	PZA	1.0000	\$1,373.23	\$1,373.23		0.00
240	1	PU28484	4	CASTILLO CONCRETO K1A 20CM 3 CARAS	PZA	1.0000	\$769.15	\$769.15		0.00
250	1	PU173	4	CASTILLO CONCRETO K2 25x14CM 2 CARAS	PZA	6.0000	\$1,336.84	\$8,021.04		0.00
260	1	PU583	4	CASTILLO CONCRETO K2 25x14CM 3 CARAS	PZA	5.0000	\$1,504.69	\$7,523.45		0.00
270	1	PU1882	4	CASTILLO CONCRETO K3 40x14CM 2 CARAS	PZA	2.0000	\$2,010.61	\$4,021.22		0.00
280	1	PU198	4	CASTILLO CONCRETO K3 40x14CM 3 CARAS	PZA	3.0000	\$2,178.46	\$6,535.38		0.00
290	1	PU19955	4	CASTILLO CONCRETO K4 25x25CM 3 CARAS	PZA	2.0000	\$1,826.17	\$3,652.34		0.00
300	1	PU099	4	MURO DE CONCRETO FC=200 DE 15 CM	M2	4.9455	\$1,714.89	\$8,480.99		0.00
310	1	PU100	4	MURO DE CONCRETO FC=200 DE 14 CM	M2	26.3130	\$1,333.29	\$35,082.86		0.00
320	1	PU101	4	MURO CONCRETO FC=200 DE 14 CM APARENTE	M2	10.8990	\$1,266.64	\$13,805.11		0.00
330	1	PU103	4	CERRAMIENTO 14CM PUERTAS VENTANAS <50CM	M	42.0200	\$362.36	\$15,226.37		0.00

Ilustración 3, Captura de cuantificación en presupuesto Partida Muros Planta Baja

Este proceso se hace a mano y cada concepto de manera individual. Es importante revisar no cometer errores a la hora de transcribir datos de Excel a Neodata. En caso de que haya algún concepto nuevo del que no se tenga analizado el precio unitario, se elabora la tarjeta de precio unitario del nuevo concepto y se captura el volumen del mismo.

3.5.1.4 Elaboración de Programa de obra en MS Project.

El siguiente paso es elaborar el cronograma en el programa MS Project. Para esto se comienza por ingresar todas las partidas del WBS del proyecto, que se sugiere que sea el mismo que con el que se realiza y subdivide el presupuesto en Neodata para llevar un control más detallado de tiempo y dinero de los avances.

Una vez que se haya elaborado todo el WBS del proyecto en MS Project se procede a ingresar las duraciones de cada una de las partidas del WBS, esto se realiza en base a experiencia y a los rendimientos con los que se cuentan en la empresa. Ya ingresadas las duraciones de las partidas del WBS, hay que ligar cada una de las actividades con sus predecesoras y sucesoras, cuidando siempre el orden lógico de los procesos constructivos (Ilustración 4).

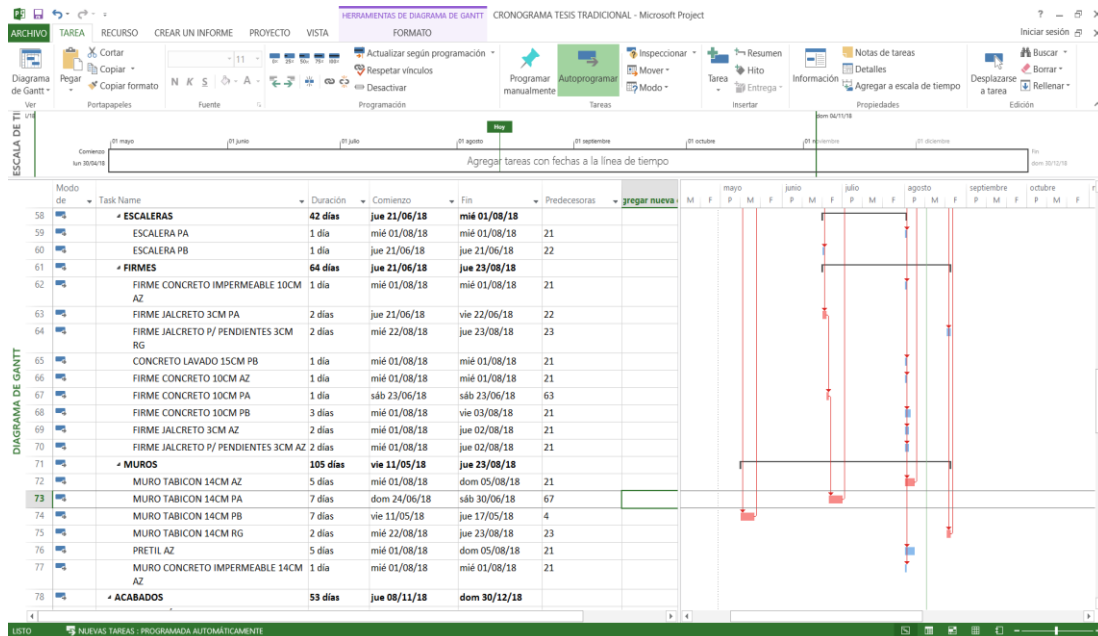


Ilustración 4, Elaboración de cronograma en MS Project

El programa Ms Project calcula la duración total y la ruta crítica del proyecto por medio de las duraciones y las ligas entre las actividades del WBS. La ruta crítica son las

actividades a las que se les deberá prestar mayor atención en su control, aunque esto no significa que sean las únicas actividades que se deben controlar, una actividad no crítica muy atrasada se podría convertir en crítica.

3.5.1.5 Control de Avance por Volumen desde Excel y MS Project.

En Excel se deberá llevar un control de todos los gastos y los volúmenes de obra que se den a lo largo de la vida del proyecto. A la par se deberá llevar a cabo un control por medio de avances de las partidas en MS Project (Ilustración 5).

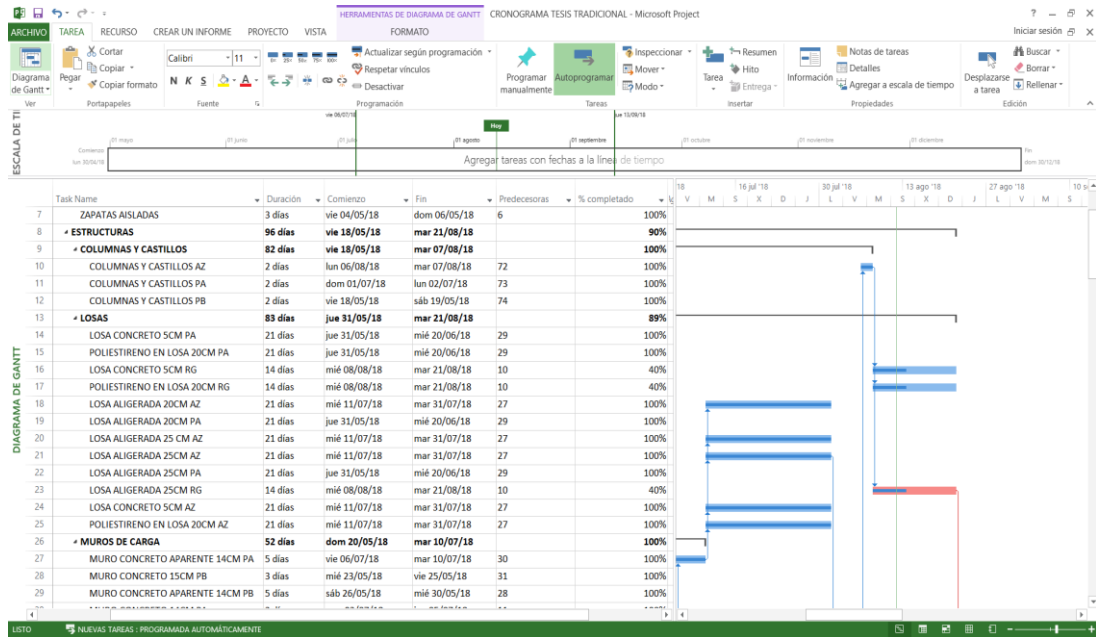


Ilustración 5, Captura de avance en MS Project al 12/08/2018

Con esta información se puede comparar lo proyectado en el cronograma inicial contra los avances reales tanto en el ámbito financiero como en el tema de tiempos.

3.5.2 Método BIM

3.5.2.1 Elaboración del modelo de proyecto en Revit, modelado 3D.

En la metodología BIM, el primer paso es tener el modelo BIM 3D. Para esta investigación se consideró que el nivel adecuado de detalle del modelo es un nivel BIM 400, en donde todos los elementos están determinados en su geometría, forma, cantidades y ubicación, pero además los elementos tienen información no gráfica como lo son el código del precio unitario del presupuesto de Neodata, las unidades en las que se cuantifican, descripción no gráfica de los elementos etc.

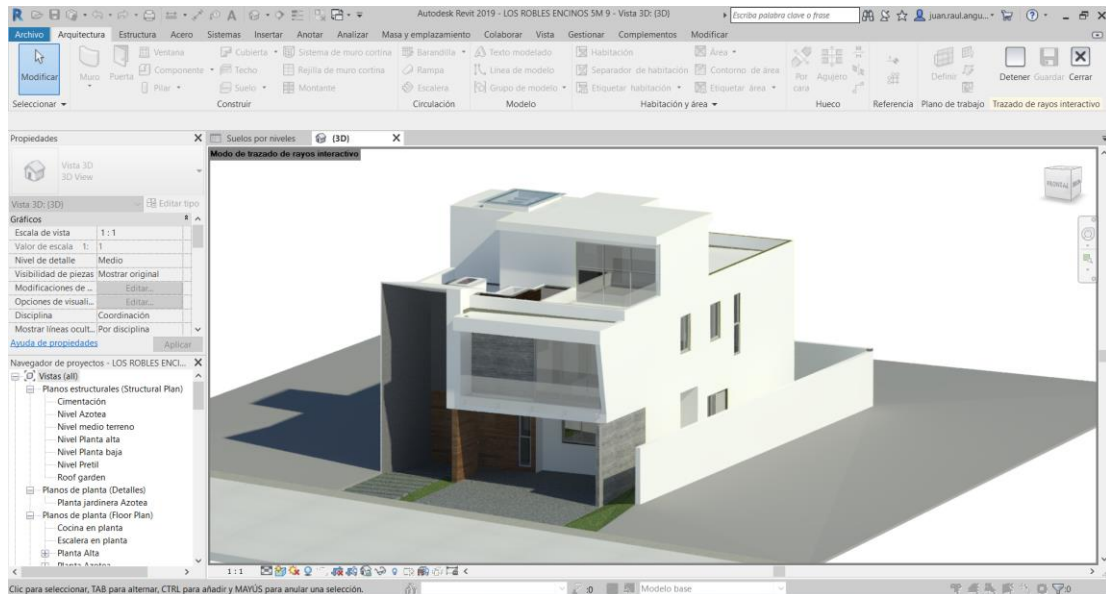


Ilustración 6, Modelo 3D LOD 400 en Revit

El modelo (Ilustración 6) se realizó con respecto a las solicitudes del cliente, entregándose primero un anteproyecto arquitectónico y una vez que fue aprobado se procedió a modelar el proyecto ejecutivo con todas sus sub-disciplinas. El tiempo que tomó la realización del anteproyecto arquitectónico fue de 1 día, y una vez aprobado el anteproyecto arquitectónico, el proyecto ejecutivo tomó 18 días en su realización.

3.5.2.2 Revisión de catálogo universal de tarjetas de la empresa, para identificar claves, códigos y unidades, de los básicos que se utilizarán en el modelo BIM.

Primeramente, se debe revisar el catálogo de tarjetas de precios unitarios que participarán en el proyecto ejecutivo. Estos precios unitarios deberán ser codificados de manera que se consiga una estandarización total en la empresa, esto con el fin de ahorrar tiempos en futuras implementaciones BIM 5D.

Además, se deberá realizar una revisión de las unidades de los precios unitarios para analizar de qué manera se pueden estos ligar al modelo de Revit., manteniendo una coherencia en todos los pasos de esta implementación.

3.5.2.3 Codificación de modelo BIM 3D.

El siguiente paso en la implementación BIM es codificar todos los elementos del modelo con su código correspondiente de Neodata. Esto le dará coherencia a los

pasos siguientes en donde se ligarán los volúmenes del modelo de Revit con el presupuesto de Neodata.

Los pasos a seguir para la codificación son los siguientes:

1- Estandarización de los códigos de los precios unitarios de la empresa:

Lo primero con lo que se debe contar es con una estandarización de los códigos y los conceptos de las tarjetas de los precios unitarios de Neodata que se realizó en el paso anterior. Esto permitirá tener congruencia tanto en el proyecto en el que se trabaja actualmente como en los proyectos en los que se elaboren en un futuro.

2- Exportación de los códigos de Neodata para Revit:

Una vez que se cuenta con los precios unitarios codificados y estandarizados dentro de la empresa, se deberá hacer una exportación del archivo de Neodata a un archivo .txt configurado para Revit. Este tipo de exportación ya viene configurada en las exportaciones que contiene Neodata en la pestaña Archivo/Exportar como se puede ver en la Ilustración 7.

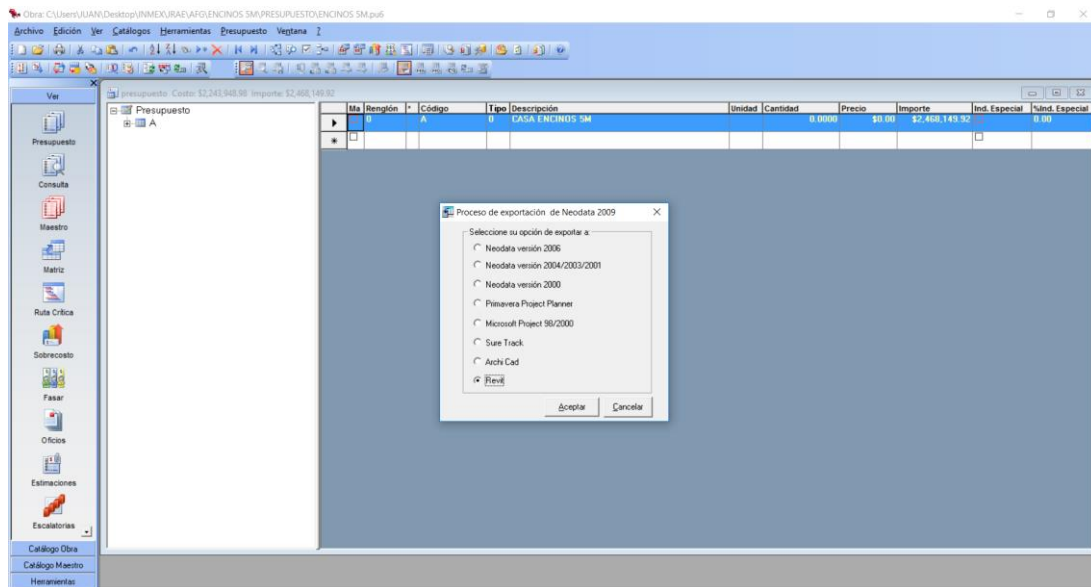


Ilustración 7, Exportación de codificación de Neodata a Revit

Se puede utilizar el presupuesto del proyecto a construir (si se cuenta con él) o cualquier otro presupuesto que tenga las mismas partidas o similares, siempre teniendo en cuenta la congruencia de la codificación. Es por esto que es importante estandarizar los códigos utilizados en la empresa, ya que todos

los modelos y presupuestos tendrán los mismos códigos por lo que serán compatibles.

3- Importación de las partidas y códigos del presupuesto a Revit

Ya teniendo el archivo .txt con los códigos de Neodata, se procede a importarlos al modelo de Revit. Para hacer esto se debe entrar a Revit e importar el catálogo de Neodata que está contenido en el archivo .txt. Esto se hace seleccionando en la pestaña *Anotar*, desplegando el menú de *Nota Clave* y seleccionado *Configuración de creación de notas clave*. Al seleccionar la *Configuración de creación de notas clave* se abre una ventana (ver Ilustración 8) en la que se deberá de dar *click* en examinar y abrir el .txt creado en el paso anterior.

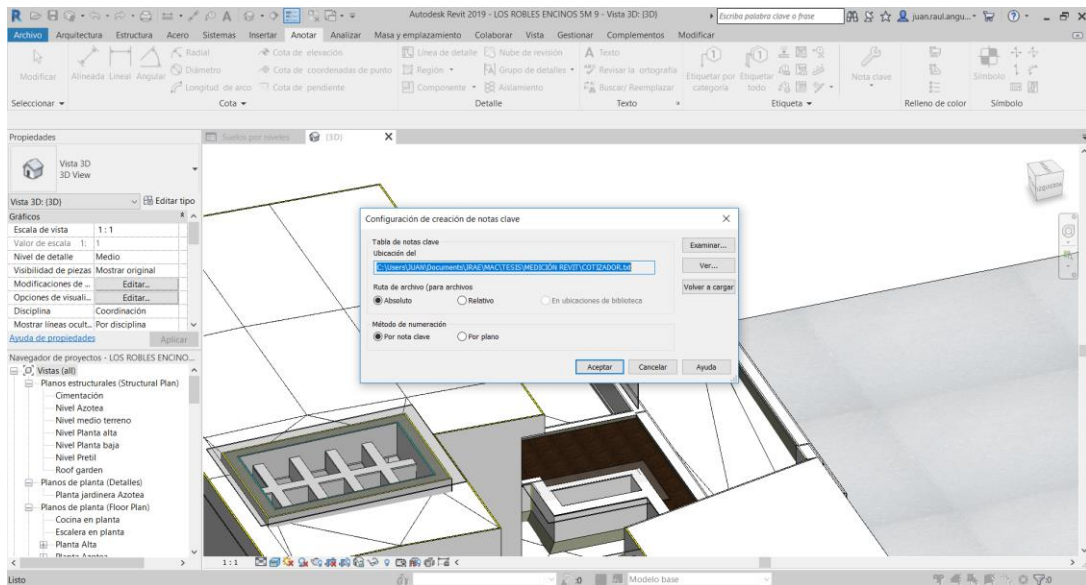


Ilustración 8, Ventana de Configuración de creación de notas clave en Revit

Esto cargará al modelo de Revit todas las partidas con sus precios unitarios y códigos del presupuesto de Neodata del cual se creó el .txt.

4- Vinculación de los elementos del modelo del modelo con su código correspondiente: ya que los códigos del presupuesto están cargados al modelo, se deberán de vincular con los elementos correspondientes del modelo. Para vincular los elementos del modelo se tiene que entrar en la pestaña de editar tipo y en el apartado de *Nota clave* se debe dar *click* en los 3 puntos que aparecen en la columna de la derecha. Esto abre una ventana con todas las partidas y los precios unitarios del presupuesto que se cargó. En la Ilustración 9 se muestra

la vinculación del código de un muro que representa el Enjarre apalillado fino en fachada de 2 cm de espesor con su código de Neodata equivalente.

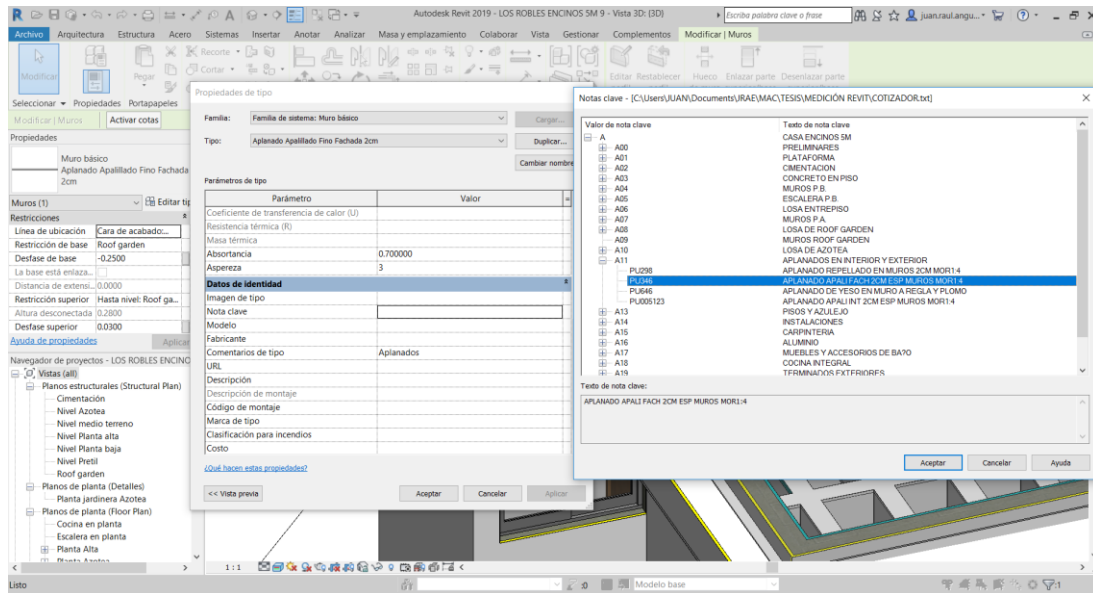


Ilustración 9, Vinculación de muro de enjarre apalillado fino en fachada de 2 cm de Revit con su código de Neodata

Es importante codificar todos conceptos que sean posibles y congruentes, ya que habrá algunos conceptos cuya vinculación directa entre Neodata y Revit no será posible o será muy complicada, como lo son las boquillas, los boleos y piezas especiales.

Además, se deberá ingresar en el apartado de modelo la partida a la cual pertenece cada elemento, esto ayudará a la hora de filtrar los elementos en MS Access, se debe de ingresar el código de la partida a la cual pertenece el elemento un nivel antes de la división de partidas por nivel, ya que el filtro de niveles en los que se encuentran los elementos se hace en MS Access. Véase Ilustración 10

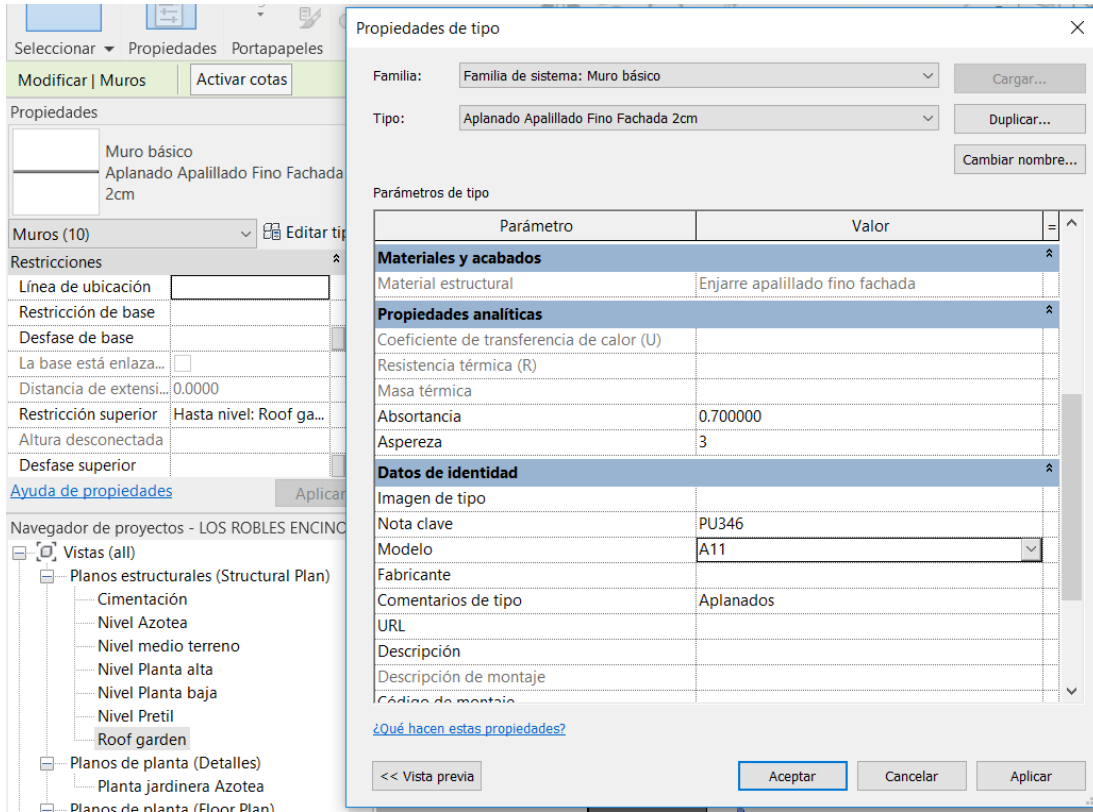


Ilustración 10, Clasificación de partida en enjarre apalillado fino en fachada de 2cm

3.5.2.4 Exportar base de datos ODBC de Revit a MS Access.

El siguiente paso en la implementación BIM es hacer la exportación de la base de datos ODBC a la base de datos de MS Access. Para hacer esto se tiene que primero crear una base de datos en blanco en MS Access (Ver Ilustración 11)

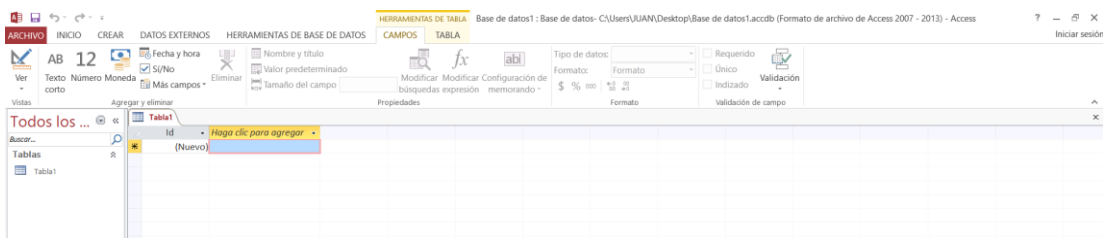


Ilustración 11, Base de datos en blanco para hacer exportación de Base de Datos ODBC

El siguiente paso es entrar al modelo de Revit y hacer la exportación ODBC. Para hacer esto se debe ingresar a la pestaña *Archivo/Exportar/Base de Datos ODBC*. Esto abrirá una ventana emergente en la que se deberá cambiar a la pestaña *Origen de datos de equipo* (véase Ilustración 12).

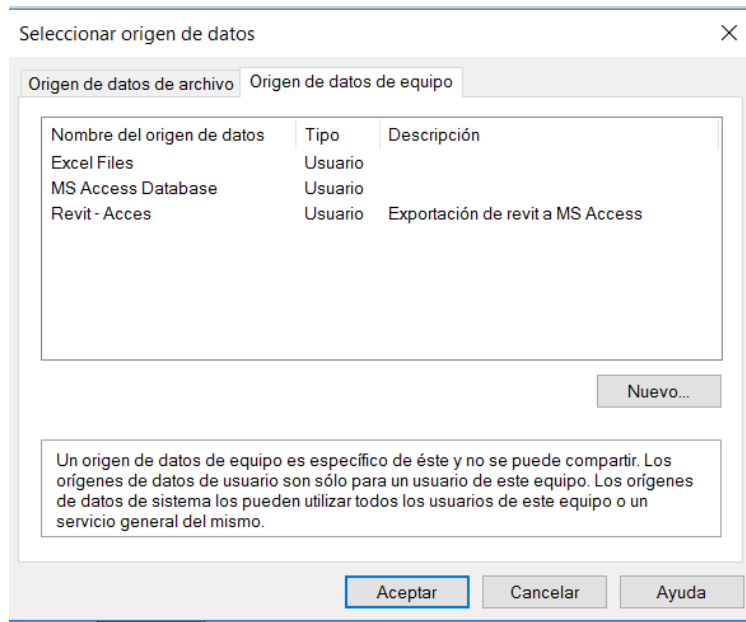


Ilustración 12, Ventana de exportación de Base de Datos ODBC

En esta ventana se debe dar doble *click* en *MS Access Database*. Al hacer esto se abre una nueva ventana emergente en la que se deberá hacer *click* en el botón *Base de datos*, esto abrirá una nueva ventana emergente en donde habrá que buscar el archivo en blanco de MS Access que se creó previamente y dar aceptar a todas las ventanas consecuentes.

Una vez hecho esto, la base de datos de todo el modelo de Revit se habrá cargado en el archivo de MS Access, es decir, todo lo que exista en el modelo de Revit estará contenido y clasificado dentro de la base de datos de MS Access.

3.5.2.5 Crear consultas por partidas, códigos y cantidades en MS Access.

El siguiente paso en la implementación BIM es crear las consultas necesarias en MS Access para que los datos se muestren categorizados y ordenados de una manera compatible al formato de Neodata y de esta manera poder lograr la exportación directa de MS Access a Neodata.

Una consulta es una tabla creada por el usuario que liga una o más tablas de la base de datos de MS Access y muestra los datos que se le configure a mostrar. En este caso se muestra la consulta que se creó para la partida de muros de planta baja. Para esta consulta se utilizan 3 tablas de la base de datos que se creó al hacer la exportación de Revit, la tabla de *Muros*, *Tiposdemuro* y *Niveles*. Cabe resaltar que las

Cantidad: Suma(Silnm([Unidad]="M2",[Área],Silnm([Unidad]="M3",[Volumen],[Longitud])))
Expresión
<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 15, Parámetro personalizado para Cantidad condicionado por la Unidad

La Ilustración 15 muestra el argumento condicional del parámetro Cantidad, en el que, si la unidad es M2, la Cantidad tomará el valor del parámetro Área, si la unidad es M3, el parámetro de Cantidad tomará el valor del parámetro de Volumen y, por último, si no es ninguno de los anteriores, el parámetro Cantidad tomará el valor del parámetro de Longitud. Estos parámetros personalizados son de gran utilidad para disminuir la cantidad de consultas necesarias para vincular el presupuesto, ya que, si se filtrara la tabla por unidad y la cantidad se pusiera directamente con respecto al filtro de Unidad, tendría que hacerse una consulta para los muros medidos en M2, en M3 y en M.

Al guardar la consulta y ejecutarla el resultado es el mostrado en la Ilustración 16

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
PU00885	MURO COMUN 14 CM TABICON A SOGA	M2	189.100
PU099	MURO DE CONCRETO F'C=200 DE 15 CM	M2	4.030
PU100	MURO DE CONCRETO F'C=200 DE 14 CM	M2	24.256
PU101	MURO CONCRETO F'C=200 DE 14 CM APARENTE	M2	10.102

Ilustración 16, Resultado de consulta para Muros Planta Baja

De la Ilustración 16, se puede observar que el título del parámetro Nota Clave se cambió por Código para que los encabezados tuvieran coherencia con los de Neodata. Esto se logra en la pantalla de edición de consulta, editando la propiedad de título del parámetro, al título que se desee mostrar en la consulta.

3.5.2.6 Copiar y pegar conceptos de las consultas de MS Access a Neodata.

Las tablas de las consultas de MS Access son directamente compatibles con Neodata, siempre y cuando los encabezados de la consulta sean los mismos que los encabezados que utiliza Neodata y que los valores de código, unidad y cantidad sean coherentes entre sí.

Basta con hacer *click* en la esquina superior izquierda de la tabla de consulta para seleccionar todos los datos de la consulta, copiar (*ctrl+v*) y pegar (*ctrl+c*) dentro de la partida correspondiente de la consulta en Neodata, para que, tanto las partidas como las cantidades, se creen conforme a los volúmenes de obra del modelo.

La Ilustración 17 muestra el resultado de copiar y pegar en Neodata la consulta que se ha estado utilizando como ejemplo en los pasos anteriores.

	Ma	Renglón	* Código	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Importe	Ind. Especial	%Ind. Especial
<input type="checkbox"/>		10	PU00885	4	MURO COMUN 14 CM TABICON A SOGA	M2	189.1000	\$250.49	\$47,367.66	<input type="checkbox"/>	0.00
<input type="checkbox"/>		20	PU099	4	MURO DE CONCRETO FC=200 DE 15 CM	M2	4.0300	\$1,714.89	\$6,911.01	<input type="checkbox"/>	0.00
<input type="checkbox"/>		30	PU100	4	MURO DE CONCRETO FC=200 DE 14 CM	M2	24.2600	\$1,333.29	\$32,345.62	<input type="checkbox"/>	0.00
<input type="checkbox"/>		40	PU101	4	MURO CONCRETO FC=200 DE 14 CM APARENTE	M2	10.1000	\$1,266.64	\$12,793.06	<input type="checkbox"/>	0.00
<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>	
*											

Ilustración 17, Partida de Muros Planta Baja en Neodata copiando y pegando valores de MS Access

Se deberá copiar y pegar de igual manera con todas las partidas del presupuesto, con su consulta correspondiente.

3.5.2.7 Correr universal de tarjetas para ajustar precios unitarios desde Neodata.

Revit cuantifica el modelo con un nivel de precisión tal que no contempla los volúmenes adicionales que comúnmente se contemplan al cuantificar con el método tradicional, ya sea por truncar decimales hacia el entero más próximo, o porque se agrega un volumen adicional en base a la experiencia de que alguna partida suele tener retrabajos, entre otras causas.

Ante esta situación los presupuestos tienen volúmenes adicionales a los desperdicios que se consideran en los precios unitarios y por lo general dichos volúmenes están justos con respecto a la realidad en la construcción por lo que es necesario, cuando se cuantifica con una precisión tan alta como Revit, tener que ajustar los precios unitarios para poder alcanzar los volúmenes reales de las obras.

Para lograr ajustar el presupuesto y evitar que los volúmenes queden cortos, contra lo que sucede en la realidad de la obra, se tendrán que ajustar las tarjetas de Precios Unitarios contemplando nuevos desperdicios causados por la cuantificación de Revit.

Para hacer esto, se corre el presupuesto con los nuevos volúmenes obtenidos de Revit y se comparan los resultados, tanto de volúmenes de obra como de explosión de insumos, contra los resultados obtenidos en la metodología tradicional.

Se deben capturar las diferencias obtenidas para cada partida con el objetivo de conocer el desperdicio o volumen adicional a agregar en cada partida. En este punto se puede optar por dos opciones:

La primera sería modificar las tarjetas de precios unitarios multiplicando cada básico, insumo y partida de mano de obra dentro del precio unitario por el factor obtenido al comparar las dos metodologías. Esto haría que la precisión con la que cuantifica Revit no se vea afectada en cuanto a los volúmenes de obra, pero sí en las explosiones de insumos.

La segunda opción, que es la que se eligió para esta investigación, sería modificar, directamente en las consultas, el parámetro de cantidad, multiplicándolo por el factor obtenido en la comparación de los dos métodos.

Cantidad: Suma(Silnm([Unidad]='M2',[Área],Silnm([Unidad]='M3',[Volumen],[Longitud]))) * 1.03
Expresión
<input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 18, Ajuste del parámetro cantidad en base a la comparativa de la metodología tradicional contra la metodología BIM en la partida de Muros Planta Baja

Continuando con el ejemplo de la partida de Muros Planta Baja, la Ilustración 18 muestra cómo se agregó un 3% adicional al parámetro de cantidad para ajustarse a los volúmenes obtenidos en la metodología tradicional.

Con esta modificación, la consulta quedaría con ese factor guardado para futuros proyectos y no habría necesidad de modificar las tarjetas de los precios unitarios de Neodata, lo que garantiza que las tarjetas de precios unitarios continuarán sirviendo para la metodología tradicional, si en su momento fuera necesario utilizarla.

3.5.2.8 Desarrollo de presupuesto base por partidas.

Una vez que se han modificado las consultas con sus cantidades, se repite el proceso de copiar y pegar los valores de las consultas por partidas, para actualizar los volúmenes de obra en Neodata. Una vez terminado esto, se recalcula el presupuesto y se desarrolla el presupuesto por partidas, ya con la configuración del WBS,

separando cada concepto por nivel y con una secuencia lógica en los procesos constructivos.

3.5.2.9 Exportar archivo Revit a Naviswork.

La exportación de Revit a Naviswork es un paso bastante sencillo debido a que ambos pertenecen a la compañía Autodesk y son totalmente compatibles.

Para realizar esta importación se debe ingresar al programa Navisworks Manage. Una vez dentro del programa se selecciona La *N* del logo de Naviswork que se encuentra en la parte superior izquierda y se selecciona Abrir. Se abrirá un explorador de archivos en la que hay que buscar y abrir el modelo de Revit del proyecto en cuestión. Es importante cambiar el tipo de archivo a abrir, a formato. rvt, que es el formato de archivos de Revit.

Al seleccionar el archivo que contiene el modelo del proyecto, Naviswork automáticamente hará la importación del modelo junto con todos sus componentes. Véase la Ilustración 19.



Ilustración 19, Modelo de Revit abierto en Navisworks

3.5.2.10 Codificar por partidas el árbol de selección en Naviswork.

Navisworks importa todos los elementos existentes en el modelo de Revit y los categoriza primero por nivel y después por categoría a la que pertenecen como se muestra en la Ilustración 20.

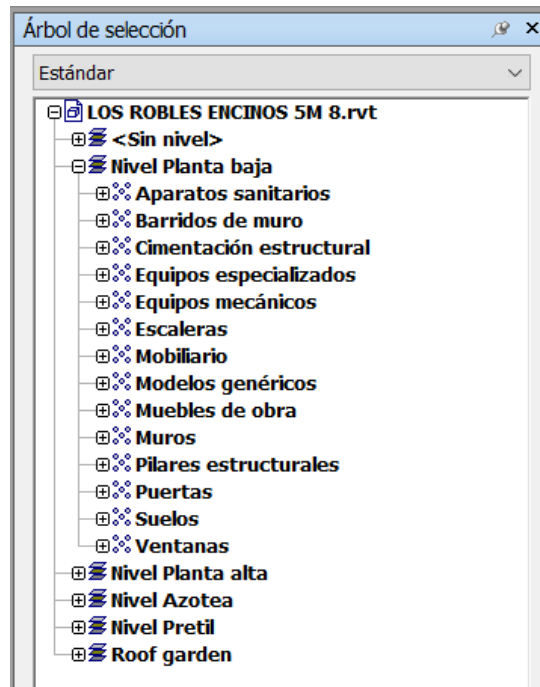


Ilustración 20, Árbol de selección en Naviswork

Este árbol de selección se debe de agrupar por partidas, de una manera en que se pueda controlar conforme al cronograma y al presupuesto.

Para hacer esto se debe ingresar en administrar conjuntos, que se encuentra en la pestaña Inicio, en el apartado de Seleccionar y buscar.

Esto abrirá la ventana de administrador de conjuntos en donde se creará una carpeta que tendrá el nombre del proyecto. Dentro de esta carpeta global se deberán crear carpetas que corresponden a las partidas del WBS y en donde se clasificarán los elementos del modelo.

Para categorizar el elemento del modelo del proyecto se debe de seleccionar el elemento o la categoría que se busca categorizar y se hace *click* en Guardar Selección que aparece en la pestaña Inicio, en el apartado de Seleccionar y buscar. Esto mandará el elemento o la categoría a la ventana de conjuntos, aquí se debe seleccionar y arrastrar dentro de la categoría y partida a la cual pertenece.

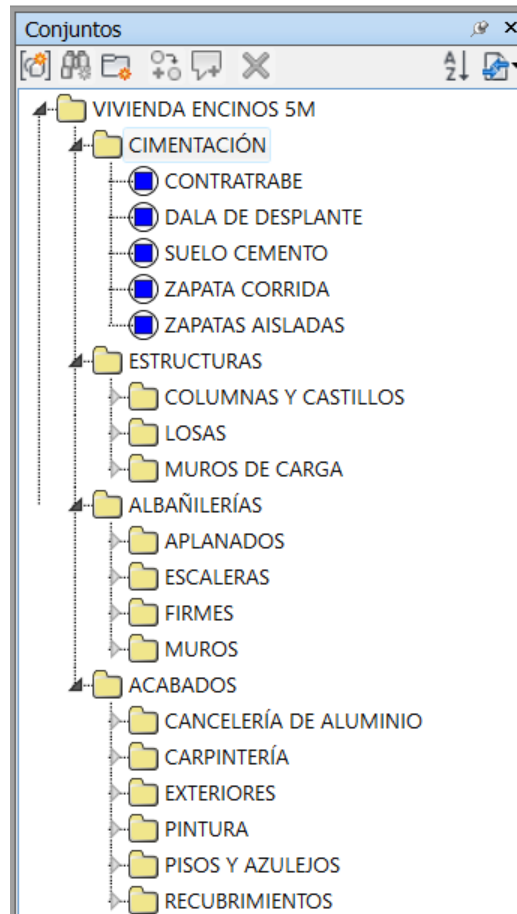


Ilustración 21, Clasificación de los conjuntos por partidas de los elementos del Modelo

La Ilustración 21 muestra los conjuntos del WBS ya categorizados y los elementos del modelo que pertenecen a la partida de cimentación.

3.5.2.11 Generar Timeline con código de partidas y conceptos en Naviswork.

Una vez que se cuenta con todos los elementos del modelo categorizados en sus respectivas partidas del WBS se procede a añadir las tareas al *Timeliner*.

Se comienza por abrir la ventana del *Timeliner*, esta se abre dando *Click* en *Timeliner* que se encuentra en la pestaña Inicio en el apartado de Herramientas. Una vez hecho esto se abrirá la ventana de *Timeliner*. Dentro de la ventana de *Timeliner* hay que ir a la pestaña Tareas y dar *click* en el botón desplegable Añadir Tareas Automáticamente. Dentro del menú desplegable que se abre hay que seleccionar la opción Para cada conjunto, esto creará todas las tareas dentro del *Timeliner* con la misma distribución del WBS que se realizó en los conjuntos del paso anterior. Véase la Ilustración 22.

Activo	Nombre	Estado	Inicio planeado	Fin planeado	Inicio real	Finalización real	Tipo de tarea	Enlazado	Coste total
<input checked="" type="checkbox"/>	Nuevo origen de datos (base)		30/04/2018	07/11/2018	N/D	06/07/2018			00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	VIVIENDA ENCINOS SM		30/04/2018	07/11/2018	N/D	06/07/2018	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	CIMENTACIÓN		30/04/2018	10/05/2018	N/D	06/07/2018	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	CONTRATRABE		07/05/2018	08/05/2018	N/D	N/D	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	DALA DE DESPLANTE		09/05/2018	10/05/2018	N/D	N/D	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	SUELO CEMENTO		30/04/2018	01/05/2018	N/D	06/07/2018	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ZAPATA CORRIDA		02/05/2018	03/05/2018	N/D	N/D	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ZAPATAS AISLADAS		04/05/2018	06/05/2018	N/D	N/D	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ESTRUCTURAS		18/05/2018	21/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	COLUMNAS Y CASTILLOS		18/05/2018	07/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	LOSAS		31/05/2018	21/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	MUROS DE CARGA		20/05/2018	10/07/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ALBAÑILERÍAS		11/05/2018	17/09/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	APLANADOS		23/08/2018	17/09/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ESCALERAS		21/06/2018	01/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	FIRMES		21/06/2018	23/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	MUROS		11/05/2018	23/08/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	ACABADOS		16/09/2018	07/11/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	CANCELERÍA DE ALUMINIO		02/10/2018	15/10/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	CARPINTERÍA		02/10/2018	22/10/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	EXTERIORES		05/11/2018	07/11/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	PINTURA		16/09/2018	01/10/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	PISOS Y AZULEJOS		02/10/2018	02/11/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	RECUBRIMIENTOS		03/11/2018	05/11/2018	N/D	N/D	Construcción		00,00
<input checked="" type="checkbox"/>	APLANADO COREY CANTERA PB		03/11/2018	05/11/2018	N/D	N/D	Construcción	Conjuntos->Nuevo origen de datos (base)->VIV...	00,00

Ilustración 22, Conjuntos como tareas dentro del Timeliner

3.5.2.12 Exportar a MS Project Código de Partidas y Conceptos desde Naviswork.

El siguiente paso es exportar el archivo del *Timeliner* por partidas a un archivo XML de MS Project. Esto se hace simplemente seleccionando Exportar XML de MS Project. Se deberá seleccionar la carpeta a donde se pretende exportar este archivo y se da aceptar.

A continuación, se deberá ingresar a MS Project, seleccionar Abrir en el menú principal, se cambia el tipo de archivo a abrir a Formato XML y se selecciona el archivo XML que se creó desde Naviswork.

Se abre una ventana emergente en donde se debe seleccionar la casilla de Como proyecto Nuevo y dar aceptar. Esto traerá las tareas con la categorización del WBS que se estableció en Naviswork a MS Project.

Es importante insertar las columnas “Navisworks Synchronization ID”, “Navisworks Display ID” y “Navisworks Task Type”. Las primeras dos se enumeran iniciando con el número 1 hasta llegar a enumerar todas las tareas del WBS, y en la columna “Navisworks Task Type” se llena con construcción en todos los campos. Véase la Ilustración 23.

	Modo de	Task Name	Duración	Comienzo	Fin	Navisworks Synchronization ID	Navisworks Display ID	Navisworks Task Type
1		▾ VIVIENDA ENCINOS 5M		lun 30/04/18		1	1	Construcción
2		▾ CIMENTACIÓN		lun 30/04/18		2	2	Construcción
3		CONTRATRABE	1 día?	lun 30/04/18	lun 30/04/18	3	3	Construcción
4		DALA DE DESPLANTE	1 día?	lun 30/04/18	lun 30/04/18	4	4	Construcción
5		SUELO CEMENTO	1 día?	lun 30/04/18	lun 30/04/18	5	5	Construcción
6		ZAPATA CORRIDA	1 día?	lun 30/04/18	lun 30/04/18	6	6	Construcción
7		ZAPATAS AISLADAS	1 día?	lun 30/04/18	lun 30/04/18	7	7	Construcción
8		▾ ESTRUCTURAS		vie 18/05/18		8	8	Construcción
9		▾ COLUMNAS Y CASTILLOS		vie 18/05/18		9	9	Construcción
10		COLUMNAS Y CASTILLOS AZ	1 día?	vie 18/05/18	vie 18/05/18	10	10	Construcción
11		COLUMNAS Y CASTILLOS PA	1 día?	vie 18/05/18	vie 18/05/18	11	11	Construcción
12		COLUMNAS Y CASTILLOS PB	1 día?	vie 18/05/18	vie 18/05/18	12	12	Construcción
13		▾ LOSAS		jue 31/05/18		13	13	Construcción
14		LOSA CONCRETO 5CM PA	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	14	14	Construcción
15		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM PA	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	15	15	Construcción
16		LOSA CONCRETO 5CM RG	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	16	16	Construcción
17		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM RG	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	17	17	Construcción
18		LOSA ALIGERADA 20CM AZ	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	18	18	Construcción
19		LOSA ALIGERADA 20CM PA	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	19	19	Construcción
20		LOSA ALIGERADA 25 CM AZ	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	20	20	Construcción
21		LOSA ALIGERADA 25CM PA	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	21	21	Construcción
22		LOSA ALIGERADA 25CM RG	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	22	22	Construcción
23		LOSA ALIGERADA 25CM RG	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	23	23	Construcción
24		LOSA CONCRETO 5CM AZ	1 día?	jue 31/05/18	jue 31/05/18	24	24	Construcción

Ilustración 23, Importación de archivo XML generado en Naviswork a MS Project

3.5.2.13 Elaboración de cronograma con MS Project.

Ya que se tienen las tareas de Navisworks en MS Project y que se configuran las columnas necesarias, se procede a elaborar el cronograma del proyecto. Para esto se inserta la columna de Predecesora, que es donde se harán los vínculos entre las tareas. En este proyecto las tareas en las que se dividió el cronograma son las siguientes:

Tabla 19, Tareas del cronograma 4D

Nombre de la tarea
VIVIENDA ENCINOS 5M
CIMENTACIÓN
ESTRUCTURAS
COLUMNAS Y CASTILLOS
LOSAS
MUROS DE CARGA
ALBAÑILERÍAS
APLANADOS
ESCALERAS
FIRMES
MUROS
ACABADOS
CANCELERÍA DE ALUMINIO
CARPINTERÍA
EXTERIORES
PINTURA
PISOS Y AZULEJOS
RECUBRIMIENTOS

Se comienza por llenar las duraciones de las actividades. Las duraciones se pueden determinar con la experiencia que se tiene de cada partida o conforme a los rendimientos con los que se cuentan en la empresa.

Una vez que se tienen todas las duraciones de las tareas se procede a hacer los vínculos por medio de la columna Predecesoras. Se debe respetar el orden lógico y los procesos constructivos que se utilizan en la empresa para determinar los vínculos entre las actividades.

	Modo de	Task Name	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Navisworks Synchronization ID
1		VIVIENDA ENCINOS 5M	192 días	lun 30/04/18	mié 07/11/18		1
2		CIMENTACIÓN	11 días	lun 30/04/18	jue 10/05/18		2
3		CONTRATRABE	2 días	lun 07/05/18	mar 08/05/18	7	3
4		DALA DE DESPLANTE	2 días	mié 09/05/18	jue 10/05/18	3	4
5		SUELO CEMENTO	2 días	lun 30/04/18	mar 01/05/18		5
6		ZAPATA CORRIDA	2 días	mié 02/05/18	jue 03/05/18	5	6
7		ZAPATAS AISLADAS	3 días	vie 04/05/18	dom 06/05/18	6	7
8		ESTRUCTURAS	96 días	vie 18/05/18	mar 21/08/18		8
9		COLUMNAS Y CASTILLOS	82 días	vie 18/05/18	mar 07/08/18		9
10		COLUMNAS Y CASTILLOS AZ	2 días	lun 06/08/18	mar 07/08/18	72	10
11		COLUMNAS Y CASTILLOS PA	2 días	dom 01/07/18	lun 02/07/18	73	11
12		COLUMNAS Y CASTILLOS PB	2 días	vie 18/05/18	sáb 19/05/18	74	12
13		LOSAS	83 días	jue 31/05/18	mar 21/08/18		13
14		LOSA CONCRETO 5CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	14
15		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	15
16		LOSA CONCRETO 5CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	16
17		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	17
18		LOSA ALIGERADA 20CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	18
19		LOSA ALIGERADA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	19
20		LOSA ALIGERADA 25 CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	20
21		LOSA ALIGERADA 25CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	21
22		LOSA ALIGERADA 25CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	22
23		LOSA ALIGERADA 25CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	23
24		LOSA CONCRETO 5CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	24

Ilustración 24, Creación del cronograma en MS Project

Al vincular las tareas MS Project determinará por medio de estos vínculos y de las duraciones particulares de cada tarea la duración total del proyecto como se puede observar en la Ilustración 24.

3.5.2.14 Captura de Presupuesto por conceptos y partidas en MS Project a partir de Neodata.

El siguiente paso en la implementación BIM es agregar los costos a las tareas del cronograma en MS Project, conforme al presupuesto de Neodata. Este paso debe ser llenado a mano o si se tiene la misma clasificación de las partidas en el presupuesto y en el cronograma, que es lo más recomendable; se pueden ir copiando y pegando los valores de cada una de las partidas.

Para agregar los costos de las tareas, hay que insertar la columna de “Navisworks TotalCost”. En esta columna es donde se ingresan los datos del costo de cada una de las partidas como se muestra en la Ilustración 25.

	Modo de	Task Name	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Navisworks TotalCost
1		▸ VIVIENDA ENCINOS 5M	192 días	lun 30/04/18	mié 07/11/18		\$0.00
2		▸ CIMENTACIÓN	11 días	lun 30/04/18	jue 10/05/18		\$0.00
3		CONTRATRABE	2 días	lun 07/05/18	mar 08/05/18	7	\$29,276.62
4		DALA DE DESPLANTE	2 días	mié 09/05/18	jue 10/05/18	3	\$35,192.10
5		SUELO CEMENTO	2 días	lun 30/04/18	mar 01/05/18		\$90,717.87
6		ZAPATA CORRIDA	2 días	mié 02/05/18	jue 03/05/18	5	\$19,732.10
7		ZAPATAS AISLADAS	3 días	vie 04/05/18	dom 06/05/18	6	\$10,200.50
8		▸ ESTRUCTURAS	96 días	vie 18/05/18	mar 21/08/18		\$0.00
9		▸ COLUMNAS Y CASTILLOS	82 días	vie 18/05/18	mar 07/08/18		\$0.00
10		COLUMNAS Y CASTILLOS AZ	2 días	lun 06/08/18	mar 07/08/18	72	\$15,232.30
11		COLUMNAS Y CASTILLOS PA	2 días	dom 01/07/18	lun 02/07/18	73	\$34,215.61
12		COLUMNAS Y CASTILLOS PB	2 días	vie 18/05/18	sáb 19/05/18	74	\$28,642.54
13		▸ LOSAS	83 días	jue 31/05/18	mar 21/08/18		\$0.00
14		LOSA CONCRETO 5CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	\$45,335.54
15		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	\$11,414.31
16		LOSA CONCRETO 5CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	\$38,452.65
17		POLIESTIRENO EN LOSA 20CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	\$10,561.25
18		LOSA ALIGERADA 20CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	\$1,235.92
19		LOSA ALIGERADA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	\$5,345.64
20		LOSA ALIGERADA 25 CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	\$95,335.72
21		LOSA ALIGERADA 25CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	\$76,245.87
22		LOSA ALIGERADA 25CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	29	\$156,223.89
23		LOSA ALIGERADA 25CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	10	\$72,591.65
24		LOSA CONCRETO 5CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	27	\$12,542.92

Ilustración 25, Cronograma con costos por tareas

3.5.2.15 Exportar desde MS Project a Naviswork presupuesto y cronograma.

A continuación, se procede a exportar el cronograma con costos de MS Project a Naviswork. Se debe abrir el archivo de Naviswork e ingresar a la ventana de *Timeliner* en la pestaña de Origen de base de datos. Ahí se selecciona el botón Añadir y se selecciona Microsoft Project 2007-2013, se abrirá una ventana de explorador de archivos en donde se selecciona el archivo de MS Project y se abrirá una ventana en donde se debe configurar la compatibilidad de los parámetros de Ms Project con los de Naviswork. La relación de los parámetros para una correcta vinculación se muestra en la Ilustración 26.

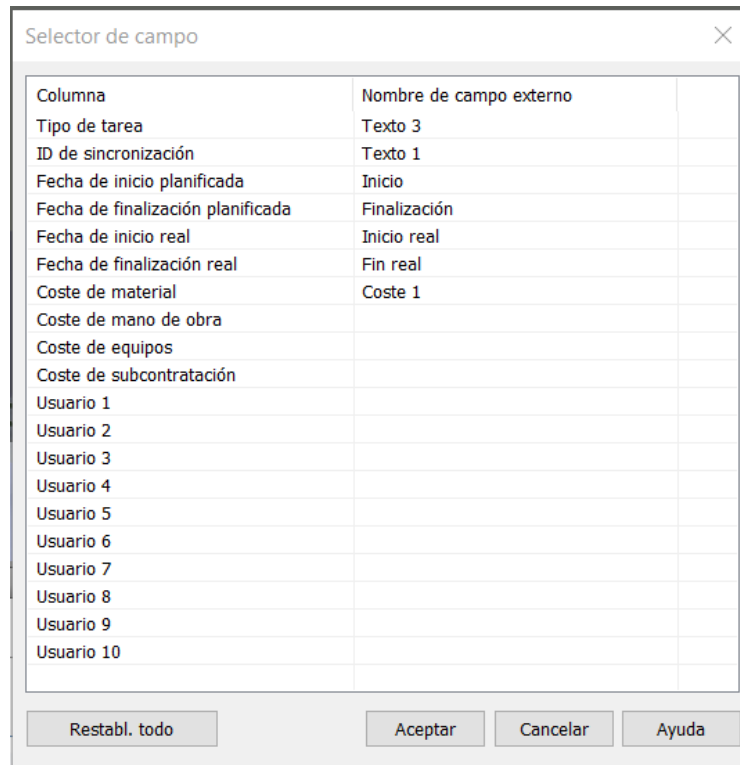


Ilustración 26, Parámetros de vinculación entre MS Project y Naviswork

Una vez que los parámetros se han relacionado, como muestra la Ilustración 26, se da *click* en aceptar. Aparecerá el archivo de vinculación en la lista de Orígenes de datos con el título “Nuevo origen de datos”.

3.5.2.16 Elaborar autoajuste de conceptos y partidas por elemento, para desarrollo de control de avance.

Una vez que se cuente con el cronograma cargado en Naviswork, se procede a regenerar las tareas y ligar los elementos del modelo con su partida correspondiente del cronograma.

Antes de generar el vínculo entre el modelo y el cronograma se deberá ingresar en la pestaña de tareas y eliminar todas las tareas, ya que, de no hacerlo, al regenerar las tareas conforme al cronograma, estas se duplicarán.

Una vez eliminadas las tareas, se deberá ingresar de nuevo en la pestaña de “Orígenes de datos”, se da *click* derecho sobre el archivo de origen de datos llamado “Nuevo origen de datos” y se selecciona “Regenerar jerarquía de tareas”. Esto genera nuevamente las tareas de Project en la pestaña Tareas, esto solo se debe de hacer

solo la primera vez que se vincula el cronograma y el modelo, una vez vinculado, se actualizará solo con dar *click* derecho en el archivo “Nuevo origen de datos” y seleccionar actualizar.

Hasta este momento aún no está vinculado el cronograma con el modelo. Para conseguir esto, se debe ingresar a la pestaña Tareas y seleccionar el botón “Enlazar automáticamente mediante reglas” como se muestra en la Ilustración 27.

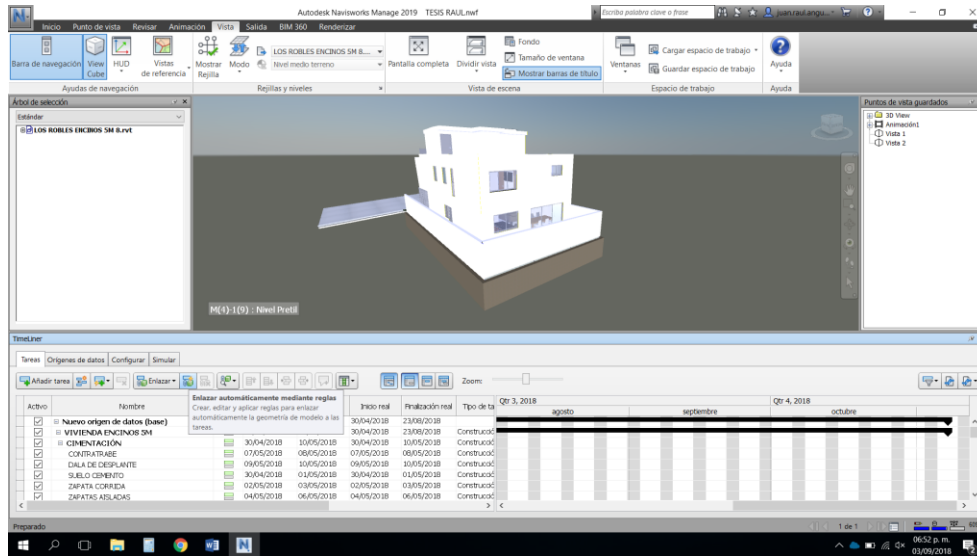


Ilustración 27, Botón Enlazar automáticamente mediante reglas de Naviswork

Esto abrirá una ventana emergente en donde se deberá seleccionar la opción central y dar aceptar. Esto hará que el modelo se ligue con las partidas del cronograma. Para comprobar que el modelo se haya vinculado de manera correcta, se deberá comprobar que en la lista de tareas del *Timeliner* la columna llamada Enlazado contenga vínculos en letras azules en las tareas, como se muestra en la Ilustración 28.

planeado	Fin planeado	Inicio real	Finalización real	Tipo de tarea	Enlazado	Coste total
/2018	10/05/2018	30/04/2018	10/05/2018	Construcción		185,119.19
/2018	08/05/2018	07/05/2018	08/05/2018	Construcción	Conjuntos->VIVIENDA ENCINOS 5M->CIMENTA...	29,276.62
/2018	10/05/2018	09/05/2018	10/05/2018	Construcción	Conjuntos->VIVIENDA ENCINOS 5M->CIMENTA...	35,192.10
/2018	01/05/2018	30/04/2018	01/05/2018	Construcción	Conjuntos->VIVIENDA ENCINOS 5M->CIMENTA...	90,717.87
/2018	03/05/2018	02/05/2018	03/05/2018	Construcción	Conjuntos->VIVIENDA ENCINOS 5M->CIMENTA...	19,732.10
/2018	06/05/2018	04/05/2018	06/05/2018	Construcción	Conjuntos->VIVIENDA ENCINOS 5M->CIMENTA...	10,200.50
/2018	21/08/2018	18/05/2018	21/08/2018	Construcción		662,282.11
/2018	07/08/2018	18/05/2018	07/08/2018	Construcción		78,090.45

Ilustración 28, Comprobación de vinculación entre el modelo en Naviswork y cronograma de MS Project

3.5.2.17 Generar Proyecto de desarrollo en Timeline del proyecto de construcción y verificar que la planeación este correcta.

A continuación, se procede a pasar a la pestaña llamada “Simular” dentro de la ventana del *Timeliner*. Aquí es donde se visualizará el cronograma de MS Project de una manera gráfica por medio del vínculo que existe entre el cronograma y el modelo.

Se selecciona el botón llamado “Configuración de la simulación” y, en las opciones que vienen en la parte inferior de la ventana emergente que se abre, se selecciona la opción “Planeada”. Se selecciona aceptar y se selecciona el botón con el signo de reproducir para iniciar a ver el video del cronograma de obra. En este momento es importante corroborar que la vinculación entre el cronograma y el modelo haya sido correcta, así como también comprobar que la planificación que se planteó en MS Project tiene lógica en cuanto a sus procesos constructivos.

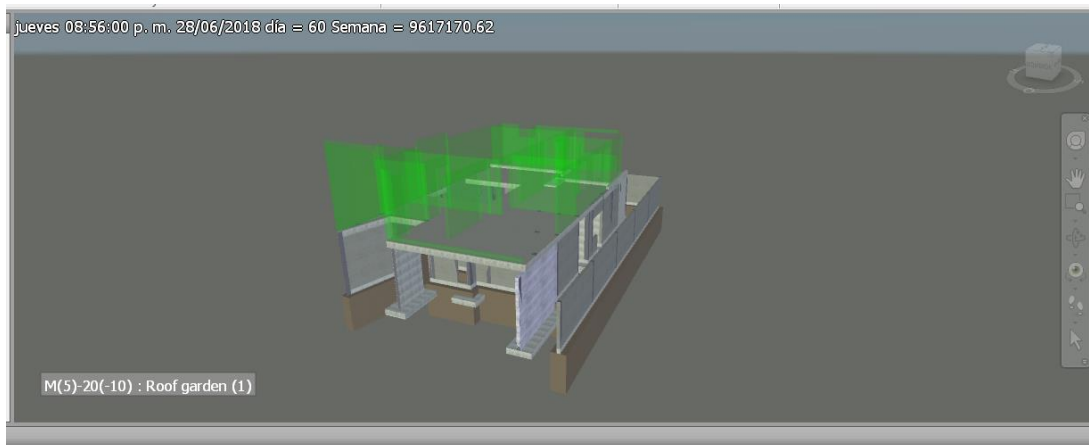


Ilustración 29, Video tipo Timeline del cronograma del proyecto

Utilizando esta simulación gráfica del cronograma de obra, como se muestra en la Ilustración 29, es muy sencillo identificar cualquier incoherencia en el programa de obra. De existir se tendrá que regresar al cronograma en MS Project y hacer los ajustes necesarios para conseguir que el cronograma tenga un orden en sus procesos constructivos lógicos y posibles de realizar (dentro de Revit se debe realizar sincronización para actualizar los datos).

3.5.2.18 Elaboración de video de recorrido en obra.

Ya que se ha verificado que el cronograma se encuentra correctamente ligado al modelo y con un orden real y lógico, se procede a elaborar el video de recorrido de la obra, que servirá como base para el control de la obra y para conocer las actividades meta a realizar cada día o semana, dependiendo de la manera que se lleve este control.

Para la elaboración del video de recorrido de obra se debe entrar a la pestaña “Simular” dentro de la ventana del *Timeliner*. En esta pestaña se selecciona el botón que aparece en la parte superior derecha con un símbolo de película. Esto abrirá una ventana emergente en donde se debe seleccionar como origen la opción “Simulación de *Timeliner*”, el renderizador debe ser “VENTANA” y en el formato se selecciona la opción de “Windows AVI” como se muestra en la Ilustración 30. Las demás opciones definen la calidad de la exportación del video, por lo que cada usuario deberá seleccionar la calidad que considere necesaria.

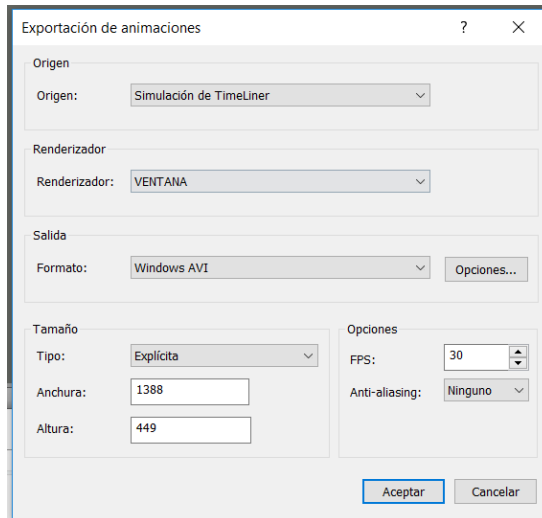


Ilustración 30, Parámetros para la exportación de video de recorrido de obra

Una vez que se da aceptar en la ventana de Exportación de animaciones se abrirá un explorador de archivos en donde se selecciona la carpeta y el título con el que se pretende guardar el video de recorrido de obra. Una vez que se selecciona aceptar el video se generará en la carpeta seleccionada.

3.5.2.19 Generar avance por volumen en MS Project, y actualizar Naviswork.

Este es el primer paso de control de obra de la implementación BIM. En este paso se deberá ingresar al programa de obra de MS Project e ingresar los avances que se vayan dando en campo. Estos avances pueden irse registrando de manera diaria o semanal, según se desee llevar el control de la obra. Para esta investigación se registraron avances semanales.

Para registrar avances en MS Project se deberá insertar la columna llamada “% Completado”. En esta columna se llenará en porcentaje el avance de cada tarea, siendo 0% una tarea que no se ha iniciado y 100% una tarea que ha sido concluida. Véase la Ilustración 31.

Modo de	Task Name	Duración	Comienzo	Fin	% completado	Predecesoras	Navisworks TotalCost	Navisworks ID
1	VIVIENDA ENCINOS 5M	192 días	lun 30/04/18	mié 07/11/18	31%		\$0.00	1
2	CIMENTACIÓN	11 días	lun 30/04/18	jue 10/05/18	100%		\$0.00	2
3	CONTRATRABE	2 días	lun 07/05/18	mar 08/05/18	100%	7	\$29,276.62	3
4	DALA DE DESPLANTE	2 días	mié 09/05/18	jue 10/05/18	100%	3	\$35,192.10	4
5	SUELO CEMENTO	2 días	lun 30/04/18	mar 01/05/18	100%		\$90,717.87	5
6	ZAPATA CORRIDA	2 días	mié 02/05/18	jue 03/05/18	100%	5	\$19,732.10	6
7	ZAPATAS AISLADAS	3 días	vie 04/05/18	dom 06/05/18	100%	6	\$10,200.50	7
8	ESTRUCTURAS	96 días	vie 18/05/18	mar 21/08/18	90%		\$0.00	8
9	COLUMNAS Y CASTILLOS	82 días	vie 18/05/18	mar 07/08/18	100%		\$0.00	9
10	COLUMNAS Y CASTILLOS AZ	2 días	lun 06/08/18	mar 07/08/18	100%	72	\$15,232.30	10
11	COLUMNAS Y CASTILLOS PA	2 días	dom 01/07/18	lun 02/07/18	100%	73	\$34,215.61	11
12	COLUMNAS Y CASTILLOS PB	2 días	vie 18/05/18	sáb 19/05/18	100%	74	\$28,642.54	12
13	LOSAS	83 días	jue 31/05/18	mar 21/08/18	89%		\$0.00	13
14	LOSA CONCRETO 5CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	100%	29	\$45,335.54	14
15	POLIESTIRENO EN LOSA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	100%	29	\$11,414.31	15
16	LOSA CONCRETO 5CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	40%	10	\$38,452.65	16
17	POLIESTIRENO EN LOSA 20CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	40%	10	\$10,561.25	17
18	LOSA ALIGERADA 20CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	100%	27	\$1,235.92	18
19	LOSA ALIGERADA 20CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	100%	29	\$5,345.64	19
20	LOSA ALIGERADA 25 CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	100%	27	\$95,335.72	20
21	LOSA ALIGERADA 25CM AZ	21 días	mié 11/07/18	mar 31/07/18	100%	27	\$76,245.87	21
22	LOSA ALIGERADA 25CM PA	21 días	jue 31/05/18	mié 20/06/18	100%	29	\$156,223.89	22
23	LOSA ALIGERADA 25CM RG	14 días	mié 08/08/18	mar 21/08/18	40%	10	\$72,591.65	23

Ilustración 31, Registro de avance en el programa de obra de MS Project

Una vez que se ha ingresado la totalidad del avance al día del registro, se guarda el archivo de MS Project y se cierra, para después abrir el modelo de Naviswork y actualizar el vínculo de MS Project en la pestaña de “Orígenes de datos” de la ventana del *Timeliner*. Una vez que se ha actualizado el vínculo, los avances, tanto de volúmenes de obra como monetarios, se registran.

Para observar el avance físico del proyecto se debe ingresar a la pestaña Simular dentro de la ventana del *Timeliner* y, en la configuración de la simulación, se selecciona “Planeada (Diferencias con respecto a la real)” esto mostrará de color verde los elementos que estén en tiempo y en rojo los elemento que estén atrasados con respecto a lo planeado. La Ilustración 32 muestra el avance al día 2 de agosto

del 2018, en donde se puede apreciar que existe un retraso en los firmes de azotea, ya que estos se encuentran en color rojo.

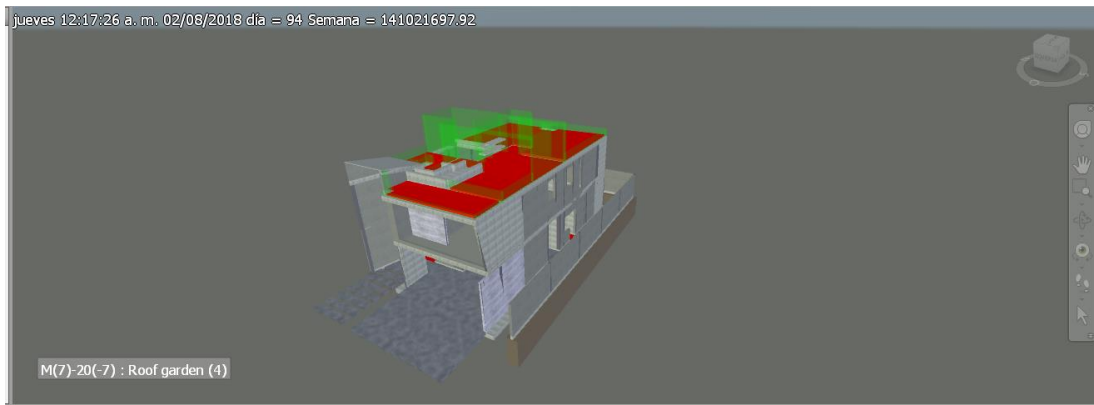


Ilustración 32, Avance gráfico en Naviswork al 2 de agosto del 2018

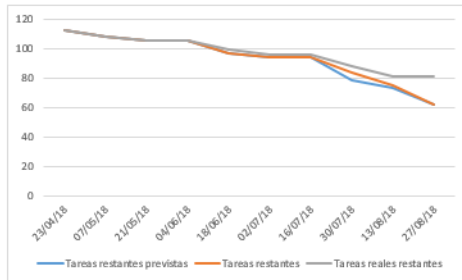
3.5.2.20 Desarrollo de interface entre Naviswork, MS Project y teléfono móvil, para generar reportes ejecutivos.

Para la realización del reporte en línea de interface entre Naviswork, MS Project y teléfono móvil se utilizará la herramienta de Google Docs, ya que es una herramienta compatible con prácticamente todos los teléfonos celulares hoy en día y es sencilla de utilizar y manejar.

En MS Project se creará un informe personalizado en el que se incluirán todos los informes que se consideren de importancia y se dejará un área en donde se insertarán las imágenes extraídas del Timeline de Naviswork en la fecha del reporte.

Para esta investigación se generarán informes de evolución, información general de costos, flujo de caja, próximas tareas y el avance gráfico en el modelo de Naviswork.

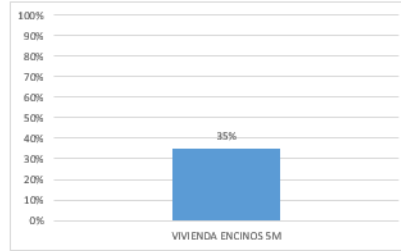
EVOLUCIÓN



EVOLUCIÓN DE LA TAREA
Muestra cuántas tareas se han completado y cuántas han quedado sin completar. Si la línea de las tareas restantes es pronunciada, puede que el proyecto esté atrasado.

% COMPLETADO

Estado de todas las tareas de nivel superior. Para ver el estado de las subtareas, haga clic en el gráfico y actualice el nivel de esquema en la Lista de campos.



INFORME EJECUTIVO PAG1

INFORMACIÓN GENERAL COSTOS

27 DE AGOSTO DEL 2018

COSTO	\$2,375,855.60
COSTO RESTANTE	\$1,273,901.11
% COMPLETADO	35%

ESTADO DEL COSTO
Estado de costo de tareas de nivel superior.

PROGRESO FRENTE A COSTO

Progreso realizado en comparación con el coste durante el proceso. Si el valor de la línea % completado está por debajo de la línea de coste acumulado, es posible que su proyecto haya superado el presupuesto.



ESTADO DE COSTO

Estado de costo de todas las tareas de nivel superior.

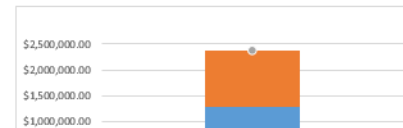


Ilustración 33, Informe personalizado en MS Project

La Ilustración 33 muestra un extracto del informe personalizado que se generó en MS Project.

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS

4.1 Introducción

Dentro de este capítulo se incluye el análisis de los resultados obtenidos en las encuestas y en el caso de estudio, con lo cual se pretende dar un sustento real de lo que opina la industria de la construcción con el manejo de BIM y el uso de un caso de estudio en la implementación de lo teórico de esta investigación.

Posteriormente se procede a analizar los objetivos particulares y generales en base a la encuesta y el caso de estudio, con el que se pretende justificar y dar fiabilidad de la hipótesis propuesta en esta investigación. Esto en función a los resultados obtenidos en la encuesta que se puede observar en de la tabla 1 a la 18.

4.2 Análisis de Cuestionario o Encuesta.

A continuación, se realiza un análisis detallado de cada una de las respuestas obtenidas dentro de la encuesta realizada a los agremiados de la CMIC delegación Jalisco, en cuanto al nivel de conocimiento de BIM.

4.2.1 En promedio, ¿cuánto tardan en presupuestar un proyecto en tu empresa?

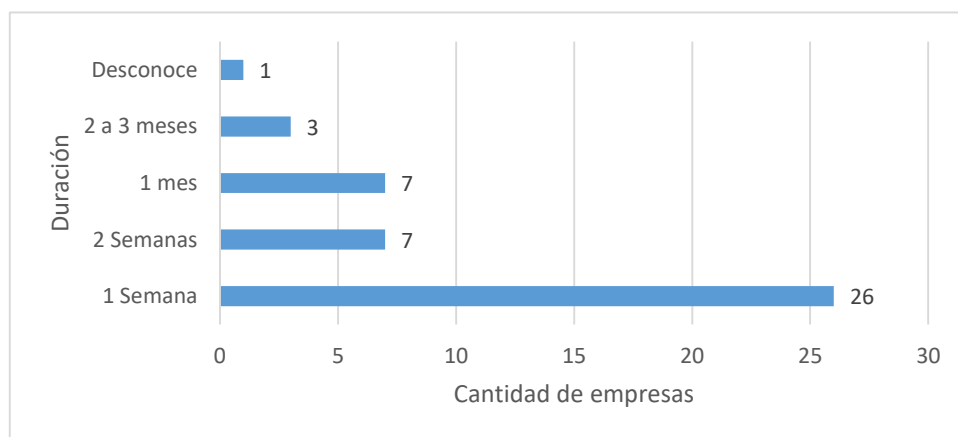


Gráfico 1, Resumen de Respuesta Pregunta 1

La gran mayoría de las empresas dedicadas a la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara tardan una semana en elaborar sus presupuestos. Es importante resaltar que del resto de las empresas que no elaboran sus presupuestos en una semana la mayoría tiende a tardar entre 2 semanas y un mes. Ver Gráfico 1.

4.2.2 En promedio, ¿cuánto tardan en elaborar un cronograma en tu empresa?

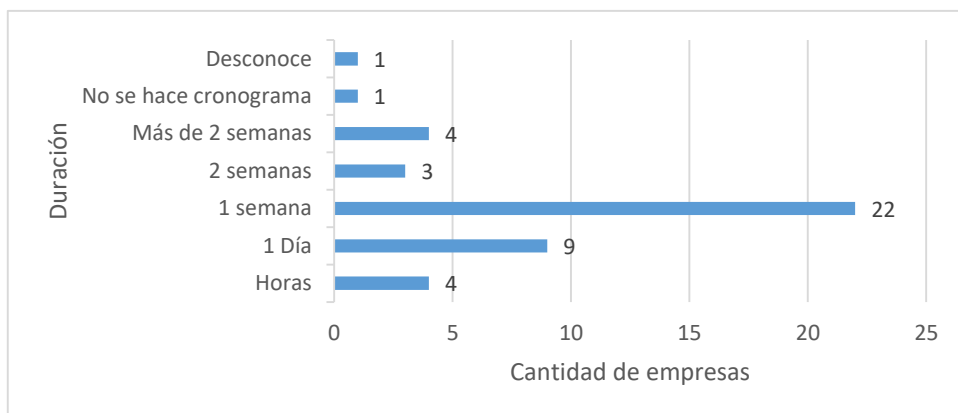


Gráfico 2, Resumen de Respuesta Pregunta 2

En cuanto a la elaboración de cronogramas, la gran mayoría de las empresas tardan 1 semana en la elaboración de los mismos. En segundo lugar, están las empresas que elaboran sus cronogramas en 1 día, sugiriendo que los cronogramas tienden a ser igual o un poco más rápidos en su elaboración que los presupuestos. Ver Gráfico 2.

4.2.3 ¿Qué nivel de fiabilidad tienen los presupuestos elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa)

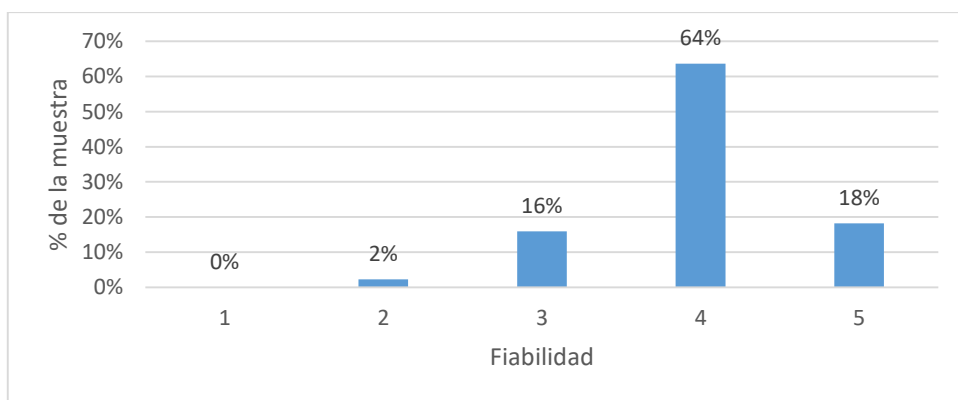


Gráfico 3, Resumen de Respuesta Pregunta 3.

Del Gráfico 3 se puede interpretar que en general el medio considera que los presupuestos elaborados en las empresas tienen un buen nivel de fiabilidad sin llegar a ser muy precisos.

4.2.4 ¿Qué nivel de fiabilidad tiene los cronogramas elaborados en tu empresa? (donde 1 es muy poca y 5 es muy precisa)

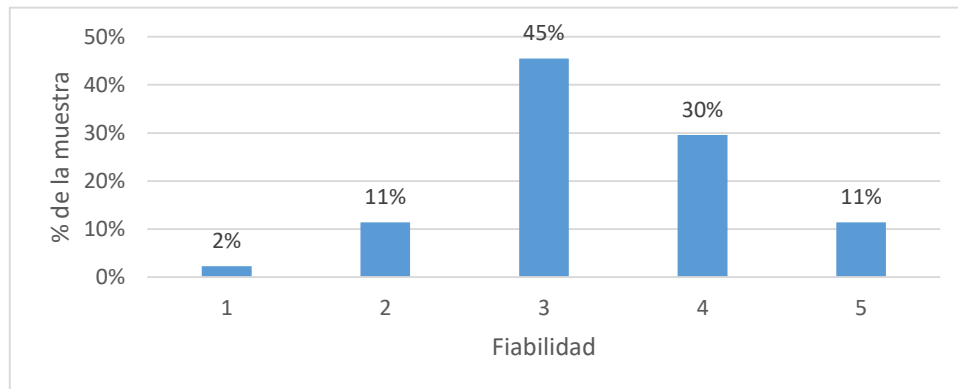


Gráfico 4, Resumen de Respuesta Pregunta 4.

Del Gráfico 4 se puede observar cómo los cronogramas muestran un menor grado de fiabilidad que los presupuestos, estando en su mayoría en la mitad entre muy poco precisos y muy precisos.

4.2.5 ¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de los presupuestos en tu empresa?

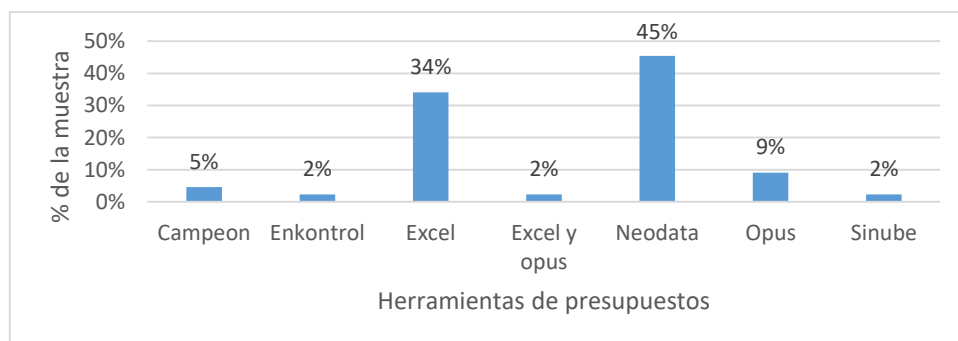


Gráfico 5, Resumen de Respuesta Pregunta 5

Del Gráfico 5, sobresale que la gran mayoría de las empresas que utilizan Neodata y Excel para hacer presupuestos. Esto hace sentido, ya que Excel es un software muy amigable, el cual muchas personas saben utilizar, además de que puede ser utilizado para un sinnúmero de propósitos, entre ellos, hacer presupuestos. Por otro lado, el gran porcentaje de utilización de Neodata se debe a los precios unitarios ya que es la manera en que se presentan los presupuestos y se les cobra a los clientes en el medio de la construcción en Jalisco.

4.2.6 ¿Qué herramientas utilizan para la cuantificación de proyectos en tu empresa?

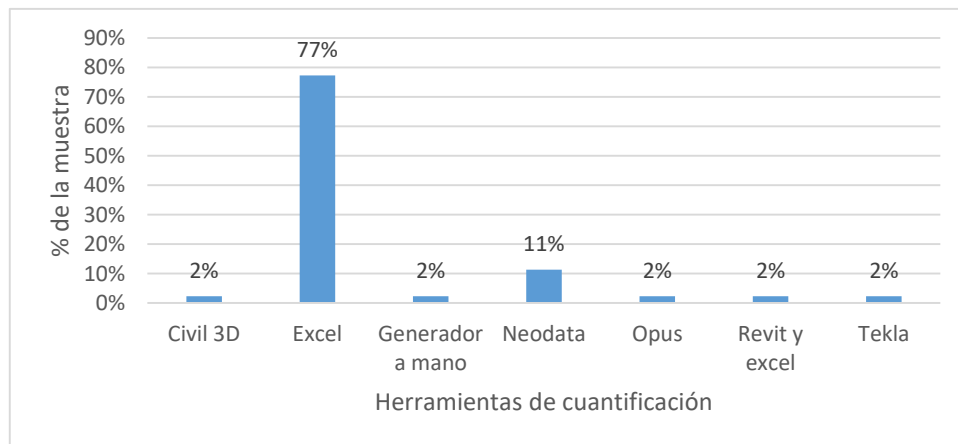


Gráfico 6, Resumen de Respuesta Pregunta 6

El Gráfico 6 muestra como hay una muy marcada preferencia por el programa Excel sobre todos los demás programas a la hora de cuantificar. De nuevo se logra entender debido a la facilidad y practicidad que tiene este software.

4.2.7 ¿Qué herramientas utilizan para la elaboración de cronogramas en tu empresa?

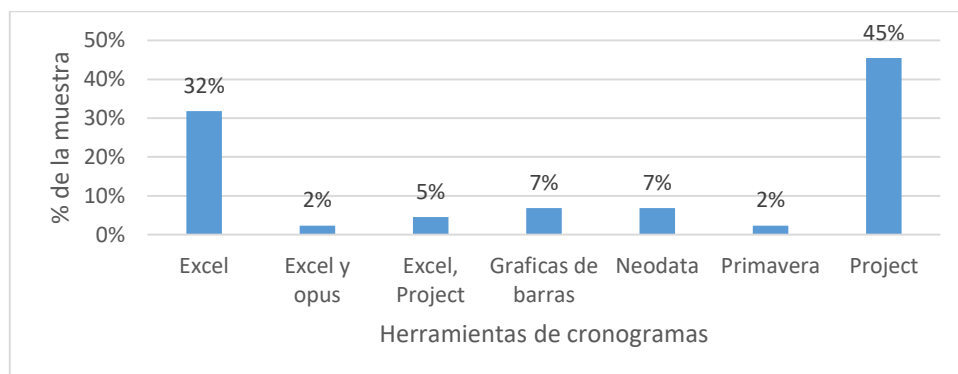


Gráfico 7, Resumen de Respuesta Pregunta 7

En el Gráfico 7, se puede observar cómo los dos softwares más utilizados en la elaboración de cronogramas son Microsoft Project y Excel. Una vez más Excel es utilizado para otra tarea distinta por su fácil manejo. Microsoft Project por otra parte es un software que funciona de manera muy sencilla, y al parecerse a Excel en cuanto a su configuración, hace que la industria lo acepte y utilice en un gran porcentaje.

4.2.8 ¿Qué herramientas utilizan para el control de obra en tu empresa?

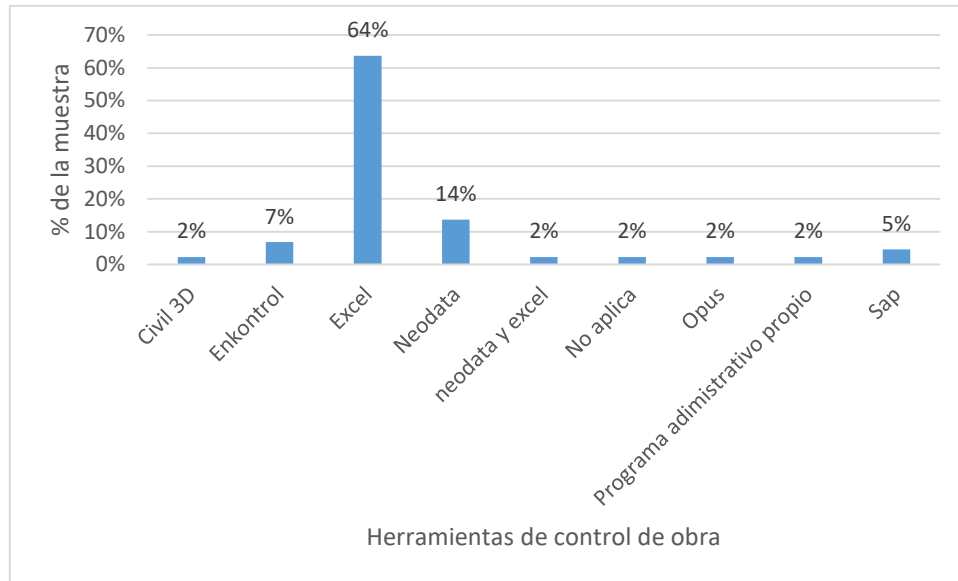


Gráfico 8, Resumen de Respuesta Pregunta 8

En el Gráfico 8, se nota una notable preferencia de parte de la industria hacia la utilización de Excel para el control de obra. Esto se puede explicar por la facilidad del manejo de la información que tiene Excel y a que hay pocos softwares dedicados al control de obra que sean amigables y eficientes.

4.2.9 ¿Conoces BIM?

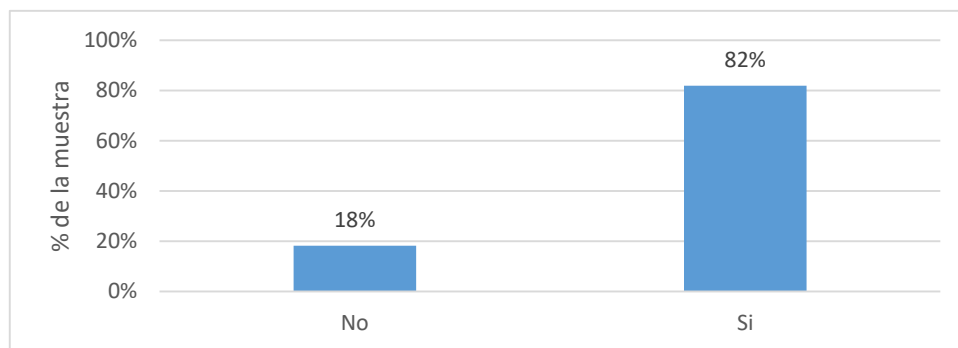


Gráfico 9, Resumen de Respuesta Pregunta 9

Del Gráfico 9, se puede observar una marcada mayoría que conoce a cerca de BIM, a pesar de que esto no significa que lo utilizan o dominan, muestra que el medio está enterado de la existencia de estas herramientas.

4.2.10 ¿Has tenido experiencia con el uso de la herramienta BIM?

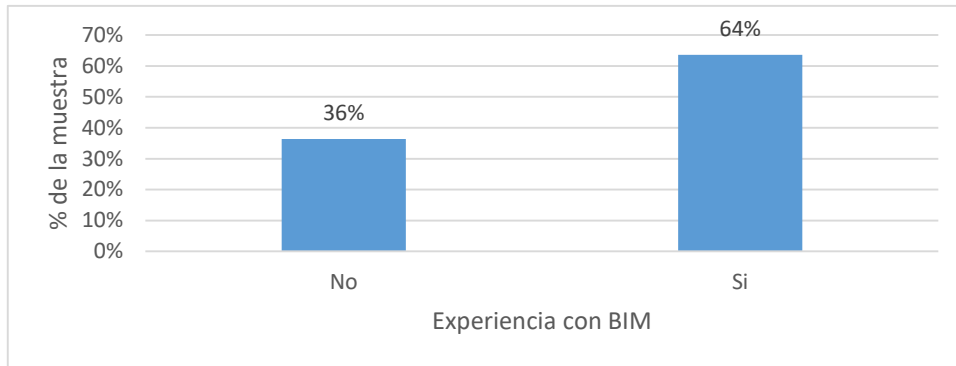


Gráfico 10, Resumen de Respuesta Pregunta 10

Del Gráfico 10, se puede ver como la mayoría de los encuestados han tenido experiencia en la utilización de herramientas BIM, pero también hay que recalcar que, en menor porcentaje, los encuestados sí conocían BIM, lo que nos habla de que es un tema que se conoce más en la teoría que en la práctica.

4.2.11 ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM?

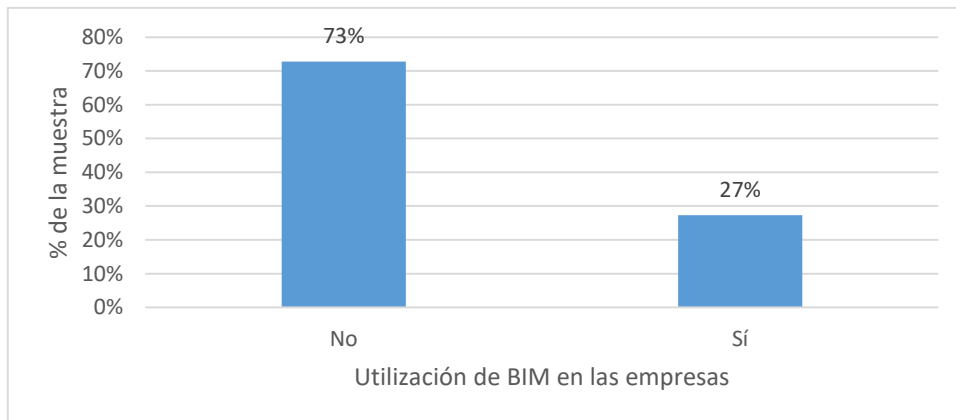


Gráfico 11, Resumen de Respuesta Pregunta 11

El Gráfico 11 muestra nuevamente que BIM es una metodología que se conoce más en lo teórico que en la práctica, ya que una considerable minoría de las empresas hacen uso de esta metodología.

4.2.12 ¿Has tomado cursos a cerca de las herramientas BIM?

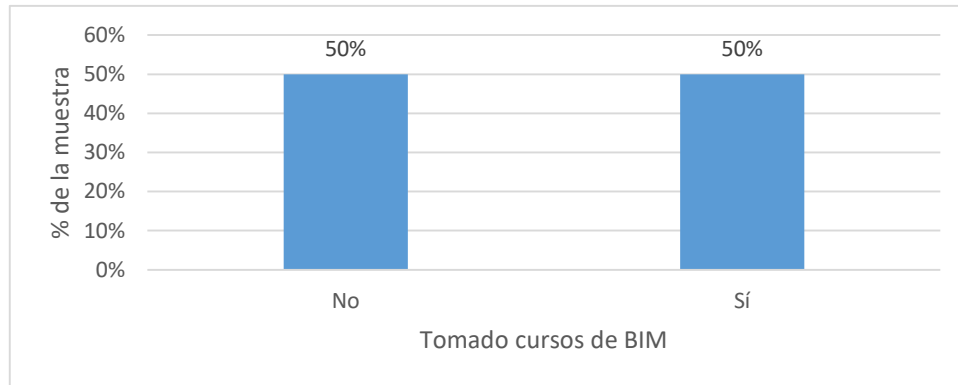


Gráfico 12, Resumen de Respuesta Pregunta 12

El Gráfico 12 muestra que el tema de BIM es un tema con relevancia en la actualidad ya que la mitad de los encuestados han tenido cursos a cerca de BIM, lo que muestra el interés del entorno en aprender sobre estas herramientas.

4.2.13 ¿Cuál es tu nivel de conocimiento de las herramientas BIM? En escala del 1 al 5 (donde 1 es muy poco y 5 es mucho)

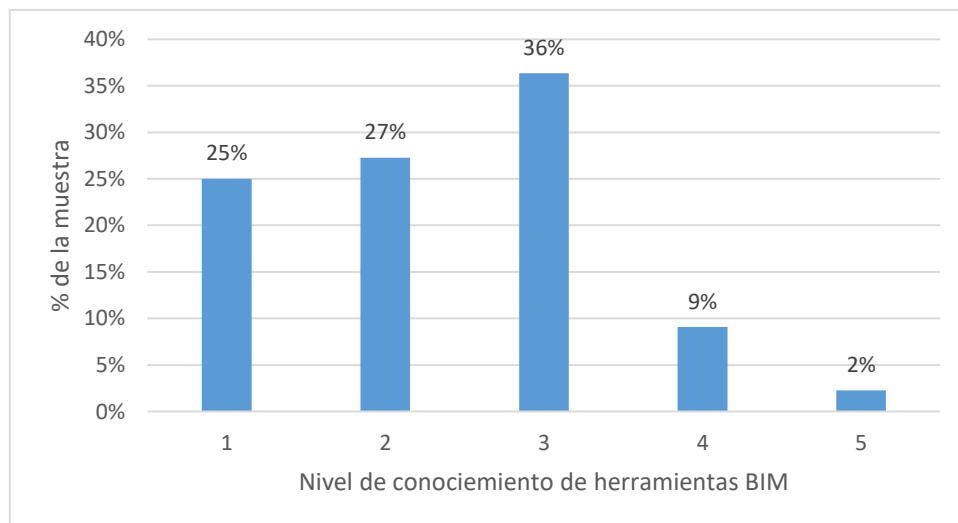


Gráfico 13, Resumen de Respuesta Pregunta 13

El nivel de conocimiento de las herramientas BIM de la industria en la Zona Metropolitana de Guadalajara tiende a ser entre intermedio y muy bajo. Esto indica que hay un gran camino aún por recorrer en el tema y en los siguientes años es probable que las empresas que tengan un nivel de manejo alto de estas herramientas, tendrán una ventaja competitiva sobre del promedio de las empresas. Ver Gráfico 13.

4.2.14 En porcentaje, ¿cuánto crees que se reduzca el tiempo en la elaboración de un presupuesto utilizando herramientas BIM vs el método tradicional?

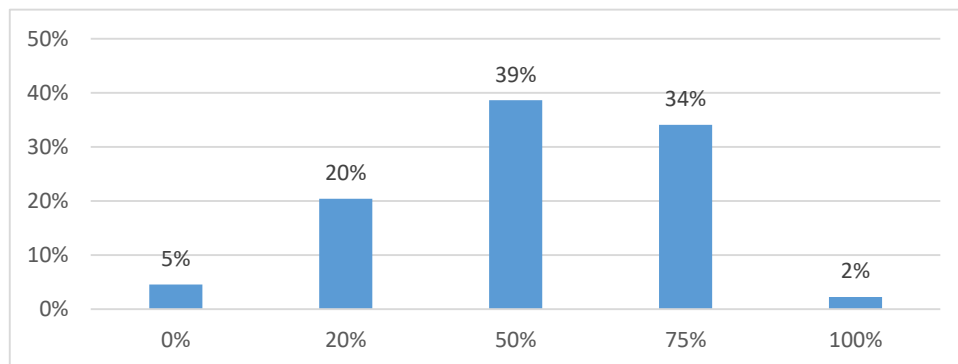


Gráfico 14, Resumen de Respuesta Pregunta 14

La mayoría de la muestra considera que los tiempos en la elaboración de presupuestos se verían reducidos entre 50% y 75%, lo que significa una gran mejoría en la eficiencia de los flujos de trabajo, permitiendo elaborar más presupuestos en una menor cantidad de tiempo. Esto es un tema primordial en una industria en donde los clientes quieren las propuestas arquitectónicas lo más rápido posible, y, a su vez, quieren saber cuánto va a costar esa propuesta. Ver Gráfico 14.

4.2.15 ¿En tu empresa utilizan herramientas BIM para la elaboración de presupuestos?

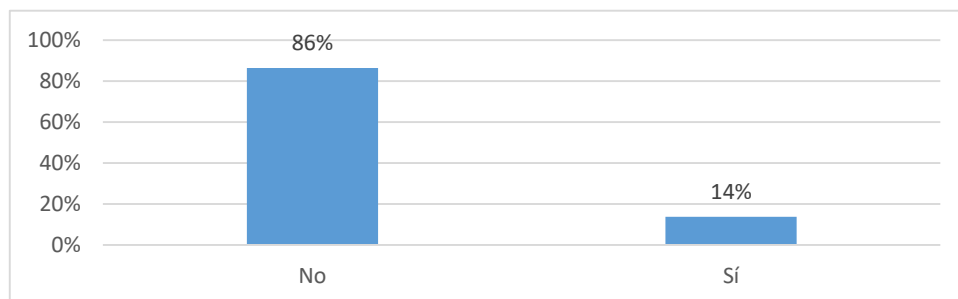


Gráfico 15, Resumen de Respuesta Pregunta 15

Del Gráfico 15 queda claro que una gran mayoría no utiliza herramientas BIM para la elaboración de presupuestos. Esto es un área de oportunidad que las empresas deben atacar para lograr procesos y flujos de trabajo más rápidos, precisos y eficientes.

4.2.16 ¿Qué tan preciso consideras que es realizar una cuantificación utilizando herramientas BIM?

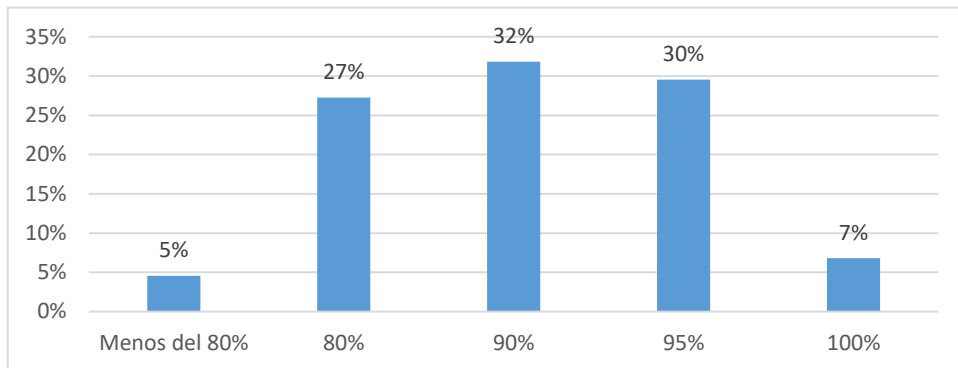


Gráfico 16, Resumen de Respuesta Pregunta 16

En cuanto a la precisión de la cuantificación utilizando herramientas BIM, la gran mayoría de la muestra se concentra entre el 80% y 95%. Esto es un buen nivel de precisión, pero en el tema de la cuantificación se debe tratar de llegar lo más cercano al 100%, ya que la cuantificación es con lo que se alimentan los presupuestos y los cronogramas, una mala cuantificación conlleva a un mal presupuesto y a un mal programa de obra que al final terminan traducándose a utilidades menores a las esperadas o inclusive a pérdidas. Ver Gráfico 16.

4.2.17 ¿Qué tan preciso consideras que es elaborar un presupuesto utilizando herramientas BIM?

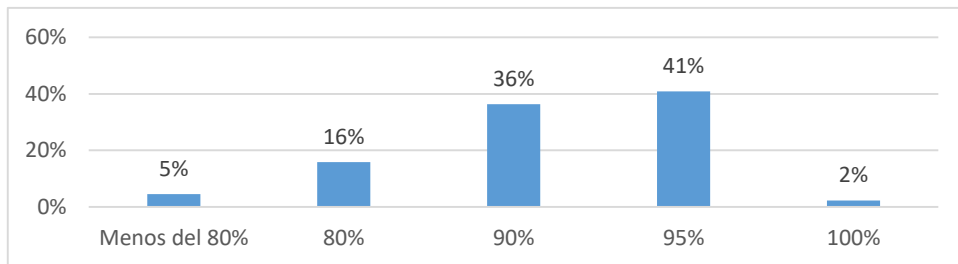


Gráfico 17, Resumen de Respuesta Pregunta 17

Del Gráfico 17 se puede observar que la gran mayoría de la muestra considera que la precisión de un presupuesto elaborado con herramientas BIM estará entre el 90% y el 95%. Es un buen nivel de precisión en especial para la industria de la construcción donde los presupuestos en muchos de los casos terminan siendo más una herramienta para darle un precio al cliente, pero que en la práctica son excedidos en una gran mayoría de las ocasiones.

4.2.18 ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para la elaboración de cronogramas?

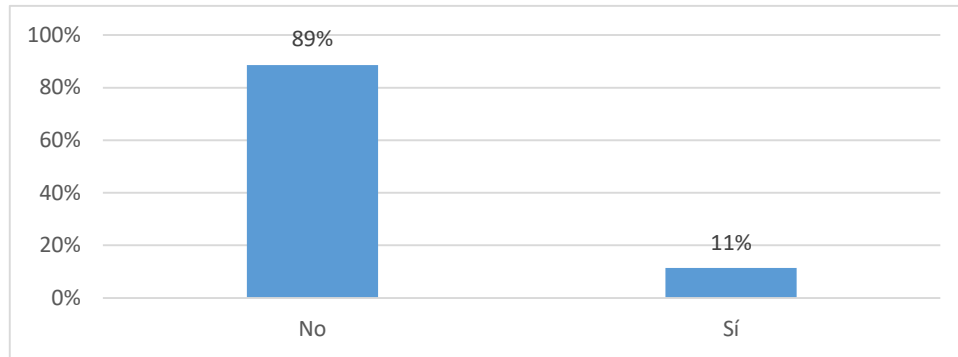


Gráfico 18, Resumen de Respuesta Pregunta 18

Una vez más, con el Gráfico 18 queda muy claro la poca utilización de las herramientas BIM en la industria. La utilización de herramientas BIM para la elaboración de cronogramas puede llegar a aportar bastantes beneficios a las empresas, ya que se identifican posibles errores en los procesos constructivos y, además, al volver visual la planeación (en el modelo BIM), se hace muy sencilla la comprensión e interpretación del cronograma.

4.2.19 ¿En tu empresa se utilizan herramientas BIM para el control de obra de un proyecto?

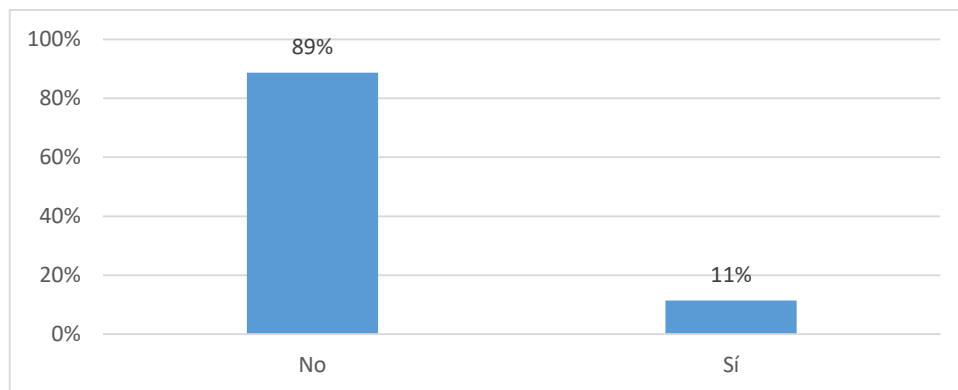


Gráfico 19, Resumen de Respuesta Pregunta 19

Es muy evidente que, en la industria, las herramientas BIM son prácticamente no utilizadas para el control de obra. Esto es razonable debido a que estas herramientas son poco utilizadas en todos los aspectos del medio y el control de obra no es una excepción. Ver Gráfico 19.

4.2.20 ¿Qué tan preciso consideras que es un cronograma realizado utilizando herramientas BIM?

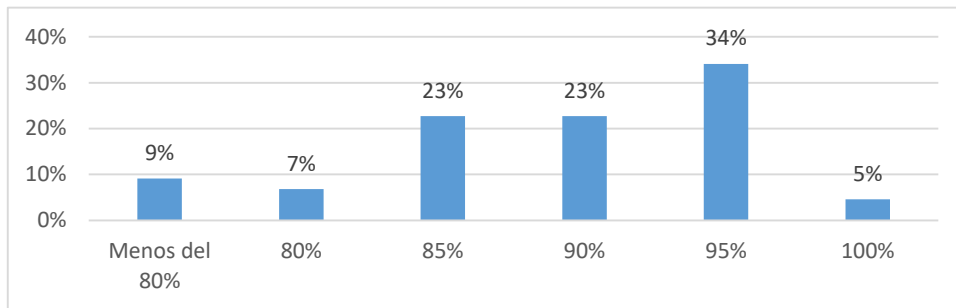


Gráfico 20, Resumen de Respuesta Pregunta 20

La precisión en los cronogramas es un tema de vital importancia en el medio, ya que el cumplir con los compromisos económicos y de tiempo con el cliente es clave para conseguir relaciones comerciales de largo plazo. El grueso de la muestra considera que un cronograma realizado utilizando herramientas BIM tendrá un nivel de precisión entre el 85% y el 95%, teniendo una tendencia hacia el 95%. Un nivel de precisión en los cronogramas del 95% es bastante alto, e implicaría terminar prácticamente todos los proyectos en tiempo. Ver Gráfico 20.

4.2.21 ¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar presupuestos?

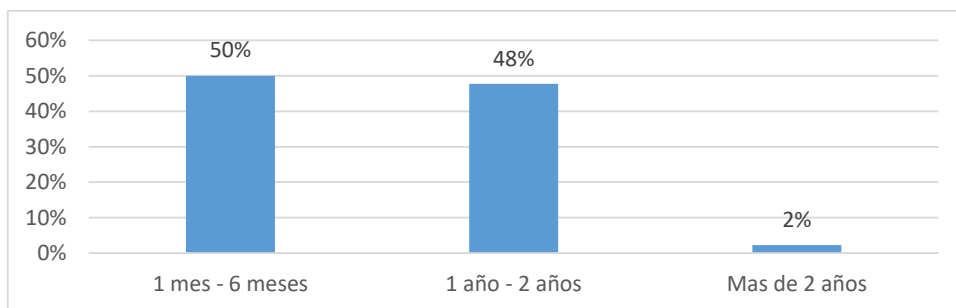


Gráfico 21, Resumen de Respuesta Pregunta 21

Es muy claro que la gran mayoría de la industria considera que la curva de aprendizaje para implementar herramientas BIM en el área de presupuestos de una empresa no dura más de 2 años. Esto se debe evaluar contra los beneficios que las herramientas BIM aportan a las empresas en el área de presupuestos, y si los beneficios son importantes, la implantación de estas herramientas es un buen camino a seguir. Ver Gráfico 21.

4.2.22 ¿Cuánto tiempo consideras que tardará la curva de aprendizaje para la implementación de herramientas BIM en una empresa para elaborar cronogramas?

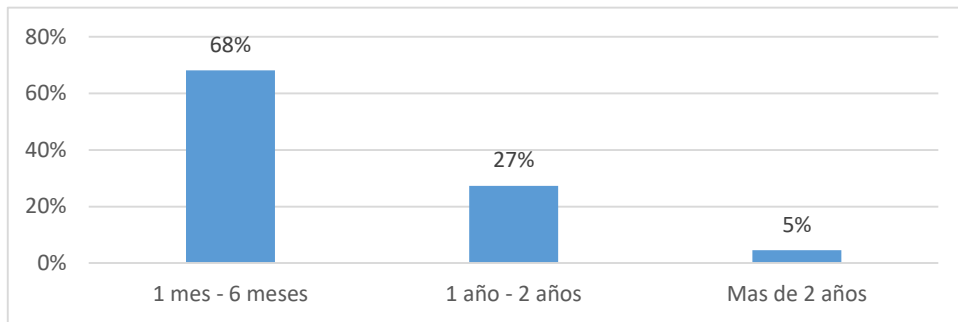


Gráfico 22, Resumen de Respuesta Pregunta 22

A comparación de la implementación de herramientas BIM para presupuestos, en el área de cronogramas la industria considera que la implementación será menor, tendiendo una tendencia muy marcada a que la curva de aprendizaje en la implementación de dichas herramientas estará entre 1 y 6 meses. Este lapso de curva de aprendizaje es relativamente bajo a comparación de los beneficios que las herramientas BIM aportan en la elaboración de cronogramas. Ver Gráfico 22.

4.2.23 ¿Cuánto tiempo crees que tardaremos en implementar las herramientas BIM en la totalidad de la industria de la construcción de nuestro país?

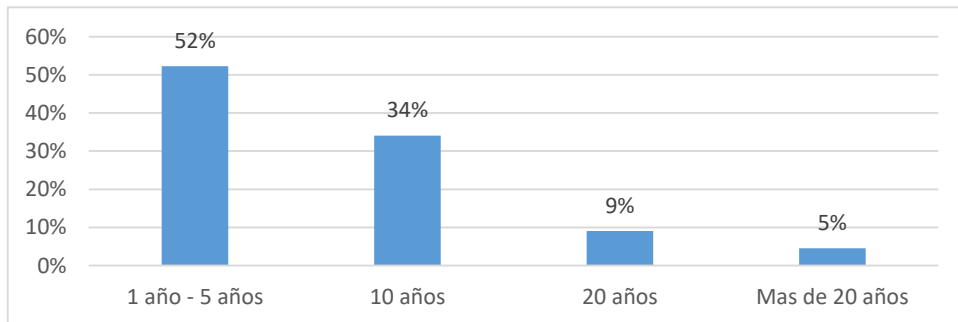


Gráfico 23, Resumen de Respuesta Pregunta 23

Del Gráfico 23 se puede ver como la muestra en general considera que las herramientas BIM no tardaran más de 10 años en implementarse en la industria, lo que sugiere que estas herramientas son el futuro de la industria y es una buena oportunidad de adquirir una ventaja competitiva en la actualidad.

4.2.24 ¿Cuáles crees que sean los beneficios de la utilización de herramientas BIM para una empresa?

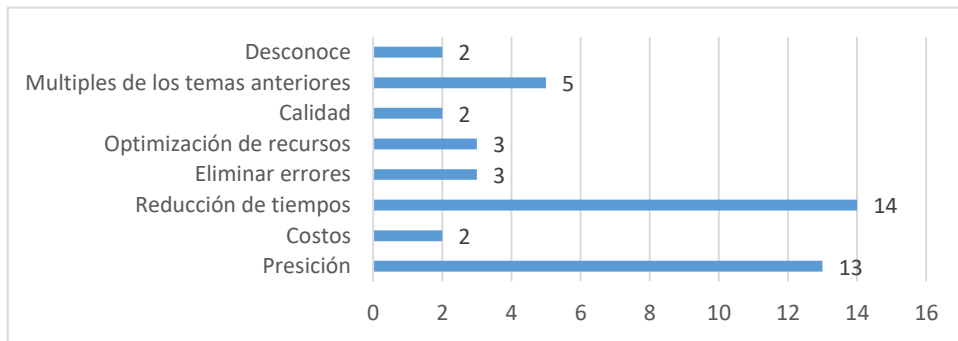


Gráfico 24, Resumen de Respuesta Pregunta 24

Es muy claro que la industria considera que los mayores beneficios que tiene una empresa al implementar herramientas BIM son una mejora en la precisión y una considerable reducción de tiempos en los procesos. Estos factores pueden ser una importante motivación para que las empresas implementen herramientas BIM. Ver Gráfico 24.

4.2.25 ¿En cuánto consideras que el dominio de las herramientas BIM influyan en el sueldo que percibe un profesional en la industria?

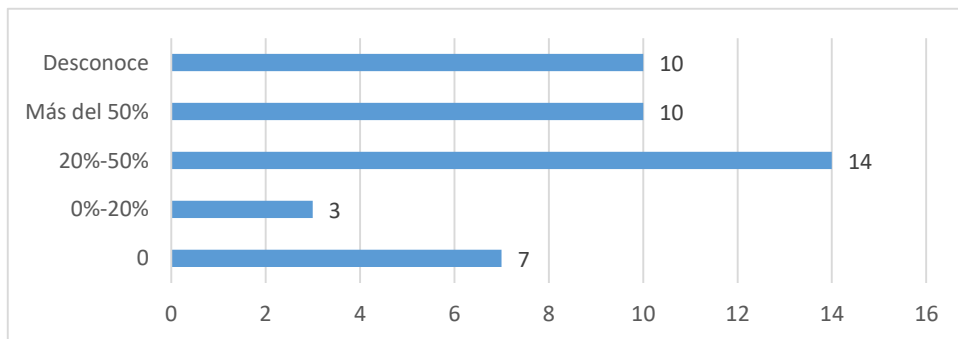


Gráfico 25, Resumen de Respuesta Pregunta 25

El Gráfico 25 muestra que las opiniones, en cuanto si las herramientas BIM influyen directamente en el sueldo que un profesional percibe, son bastante polarizadas. La mayoría de la muestra considera que un profesional con manejo de herramientas BIM percibe del 20% a 50% más que un profesional que no maneja dichas herramientas. Sin embargo, el resto de la muestra está bastante polarizada en cuanto a que una buena cantidad de la muestra considera que el manejo de estas herramientas no

representa una diferencia en el sueldo que un profesional percibe o desconocen si es un aspecto que marca una diferencia.

4.2.26 ¿A quién crees que benefician de mayor manera las herramientas BIM, al constructor o al cliente?

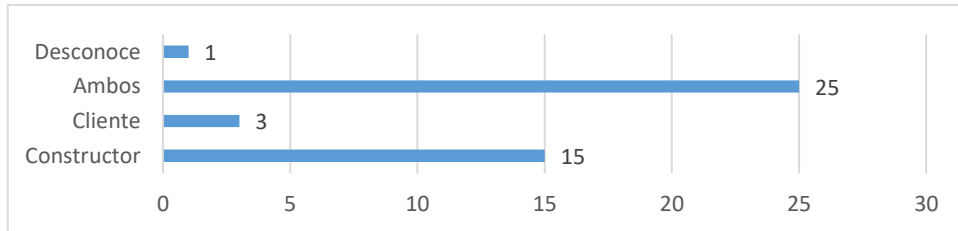


Gráfico 26, Resumen de Respuesta Pregunta 26

Según el Gráfico 26, la creencia en general, de la industria, es que las herramientas BIM benefician tanto al cliente como al constructor, con una tendencia a que benefician más al constructor que al cliente. Debido a este tema las empresas constructoras, al ser las más beneficiadas con estas herramientas, deben contemplar su implementación.

4.2.27 ¿Consideras que la utilización de herramientas BIM representa una ventaja competitiva para una empresa?

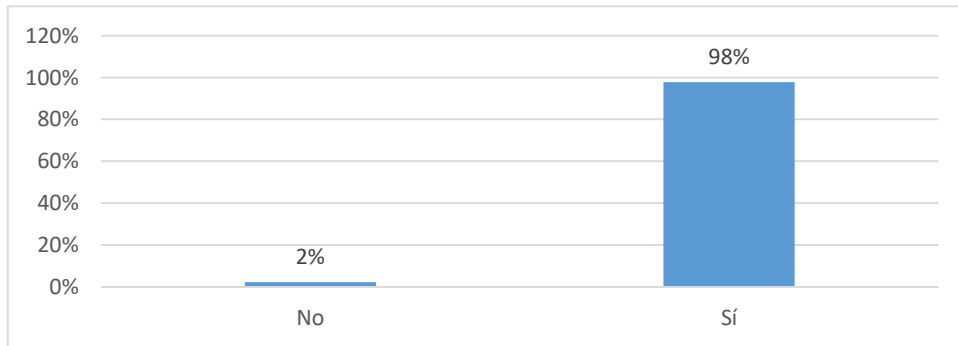


Gráfico 27, Resumen de Respuesta Pregunta 27

Es muy claro que prácticamente en su totalidad, la industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara, considera que la utilización de herramientas BIM representa una ventaja competitiva, lo que sugiere a que las empresas están conscientes y atentas del tema. Ver Gráfico 27.

4.2.28 ¿Cuáles crees que sean los resultados al comparar la utilización de la herramienta BIM 5D en un proyecto vs los métodos tradicionales?

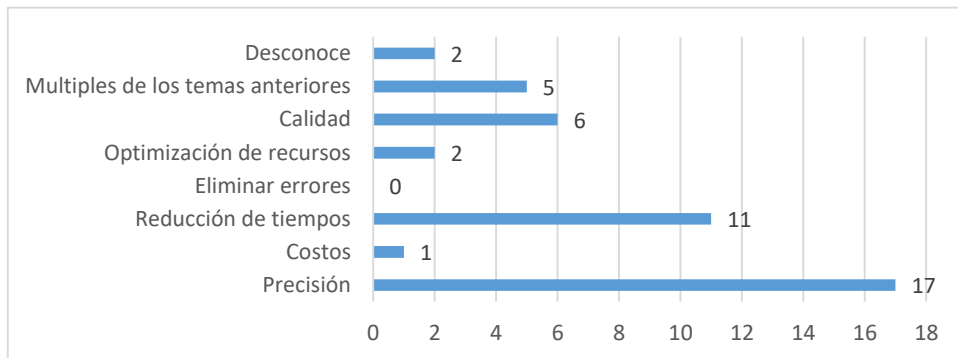


Gráfico 28, Resumen de Respuesta Pregunta 28

El Gráfico 28 nos indica que la muestra considera que los factores que se verán más afectados a la hora de comparar los métodos tradicionales con las herramientas BIM son la precisión y la reducción en tiempos. Estos factores son importantes, pues significan un aumento en la eficiencia de los flujos de trabajo, con resultados más precisos.

4.2.29 ¿Qué te motivaría a implementar la herramienta BIM?

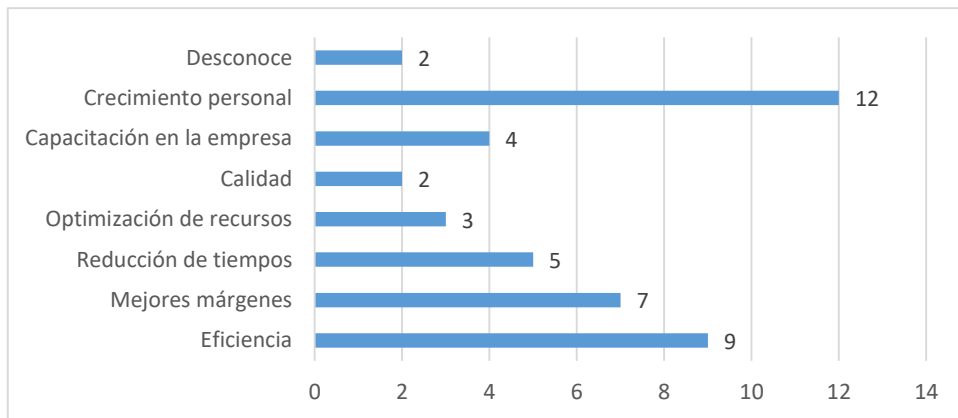


Gráfico 29, Resumen de Respuesta Pregunta 29

Los motivos por los cuales un profesional en la industria consideraría implementar herramientas BIM en su mayoría serían por un tema de crecimiento personal, mientras que también una buena cantidad de la muestra contemplaría implementar herramientas BIM para mejorar en temas de eficiencia y mejorar sus márgenes. Ver Gráfico 29

4.2.30 ¿Hasta qué nivel crees que es adecuado para tu empresa?

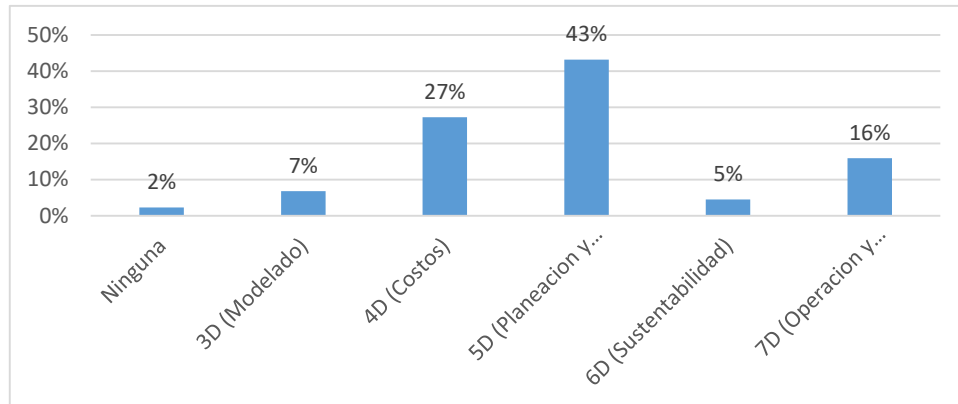


Gráfico 30, Resumen de Respuesta Pregunta 30

Del Gráfico 30 se puede interpretar que la mayoría de las empresas en el medio consideran que un nivel BIM 5D es el óptimo para sus operaciones. Esto hace sentido pues las empresas constructoras comúnmente llegan en sus alcances hasta el punto de construcción del proyecto y no se involucran en el tema de operación del mismo una vez terminado. Con un nivel BIM 5D las empresas constructoras pueden controlar el modelo, el programa de obra y el presupuesto simultáneamente.

4.3 Análisis de Caso de Estudio

A continuación, se realiza un análisis detallado de los resultados obtenidos en el caso de estudio, comparando la metodología tradicional con la metodología BIM 5D. Se comparan los procesos y la eficiencia de los mismos en cada una de las metodologías.

4.3.1 Método Tradicional

Esta metodología es la más utilizada en el medio de la construcción actual. En este método todas las etapas del proyecto se llevan de manera independiente, desde la elaboración del proyecto ejecutivo, la cuantificación, la elaboración del presupuesto, el programa de obra y el control de obra. Todos estos pasos se realizan por lo general utilizando programas diferentes y que no tienen relación alguna entre sí, por lo que hacer un cambio en el proyecto ejecutivo, por más mínimo que sea, conlleva a revisar cada uno de los pasos de la planificación y el control de manera independiente y con el riesgo de que exista fuga de información y errores humanos.

En este método uno de los pasos más ineficientes es la realización del proyecto ejecutivo, ya que se realiza en Autocad y en 2D. Esto conlleva muchos errores, ya que los alzados, secciones y plantas no tienen ninguna relación entre sí, lo que deja mucho campo a confusiones y errores de interpretación. Además, la información contenida en un modelo 2D está totalmente limitada a lo que el proyectista o dibujante haya decidido incluir en el proyecto ejecutivo. Otro inconveniente de este método de realización del proyecto ejecutivo es que es bastante lento pues se trabaja línea por línea y no hay componentes cuyo control pueda ser más ágil y paramétrico.

Una vez que se cuenta con el proyecto ejecutivo 2D, este es cuantificado utilizando Excel. Comúnmente las empresas cuentan con sus tablas generadoras para lograr hacer este proceso un poco más ágil. Estos generadores comúnmente se alimentan de dimensiones o áreas obtenidas del plano de Autocad, por lo que se debe cuantificar cada elemento de manera independiente e ir sumando los acumulados para obtener las cantidades totales.

El siguiente paso en la metodología tradicional es elaborar el presupuesto en Neodata. Aquí se deben ingresar los volúmenes de obra generados en la cuantificación en su precio unitario correspondiente. Este paso es muy importante pues dependiendo de cómo se alimenten los volúmenes de los precios unitarios de Neodata, es como se hará el presupuesto y en consiguiente es como se le cobrará al cliente. En la metodología tradicional es muy probable cometer errores en este proceso, ya que depende totalmente de los datos que manualmente se ingresan a Neodata, lo que da bastante oportunidad a cometer errores “de dedo”.

Posteriormente, se elabora el programa de obra en MS Project. Este paso se debe realizar totalmente a mano. Primero se deberán capturar las partidas del proyecto con sus sub-partidas que se considere coherente incluir, e ir ingresando tanto sus costos como sus vínculos entre predecesores y sucesores. En este proceso se obtienen elementos del control bastante importantes como lo son el diagrama de Gantt y la ruta crítica del proyecto. El diagrama de Gantt es un muy buen método de control de los avances y fechas de inicio de las tareas, sin embargo, este tipo de diagrama no es tan fácil de interpretar para las personas que no están familiarizados con el mismo. Desafortunadamente la última línea de trabajo en nuestra industria, que son los trabajadores de campo, suele ser gente con poca preparación académica, por lo que difícilmente comprenden o logran interpretar los diagramas de Gantt y su importancia.

Algo similar suele suceder con los clientes, ya que comúnmente los clientes no se dedican al medio de la construcción, y es probable que los diagramas Gantt no les digan mucho en cuanto a los tiempos de ejecución y el control de obra.

Por último, durante la ejecución del proyecto, en la metodología tradicional se lleva el control del proyecto por medio de registros de avances en MS Project para identificar que los tiempos se cumplan conforme al cronograma. Además, se lleva un control en Excel del avance de los costos, los ingresos y los volúmenes de obra e insumos que se vayan dando. Este paso es una de las partes críticas de la metodología tradicional ya que, nuevamente, se hace uso del diagrama de Gantt, que no es tan sencillo de interpretar para las personas que no están familiarizados con su uso, y el control de los ingresos y egresos se vuelve un control totalmente aparte sin ninguna clase de vínculo con el cronograma ni el proyecto ejecutivo.

La duración de los procesos para la implementación de la metodología tradicional está contenida en la Tabla 20.

Tabla 20, Duración de implementación de metodología tradicional

Concepto	Duración (días)
Elaboración de proyecto ejecutivo en 2D	15
Cuantificación con generadores en Excel	4
Elaboración de Presupuesto en Neodata	2
Elaboración de Programa de obra en MS Project	1
Control de Avance por Volumen desde Excel y MS Project	N/A
Duración total:	22

4.3.2 Método BIM 5D

La metodología BIM 5D engloba el proyecto ejecutivo, la cuantificación, la elaboración del presupuesto, la planeación y control de una manera conjunta, vinculada y dependiente una de otra. Esto resulta en una mayor coherencia entre los procesos y contribuye a una considerable reducción de errores humanos en las transiciones de las etapas del proyecto.

La base de esta metodología es el modelo BIM 3D, si se tiene un deficiente modelo, la implementación será de la misma calidad. Es por eso que se debe dedicar especial

atención en detallar el modelo a un nivel BIM 350 buscando que la información consiga un nivel de detalle satisfactorio para la implementación.

Uno de los procesos más eficientes de esta metodología es la elaboración del proyecto ejecutivo 3D en Revit. El modelado en Revit no solo es muy ágil, al ser un software especialmente diseñado para la industria de la construcción, sino que también permite identificar muchos posibles errores o interferencias que, utilizando la metodología tradicional, se identificarían hasta que se esté construyendo físicamente en obra.

La metodología BIM 5D orilla a las empresas constructoras a hacer algo que casi ninguna constructora hace, pero que es muy útil y altamente recomendable. Esto es, estandarizar sus códigos y sus nomenclaturas, para con ello estandarizar sus procesos de elaboración de proyectos ejecutivos, cuantificación, elaboración de presupuestos, elaboración de cronogramas y control de obra. A pesar de que este paso no es obligatorio en la metodología tradicional, al utilizar la metodología BIM 5D este paso se debe hacer casi de manera forzosa solo la primera vez y esto seguirá sirviendo para todos los proyectos futuros.

Es importante resaltar que la cuantificación obtenida directamente del software BIM no debe ser considerada como la definitiva. Al comparar una cuantificación obtenida con los métodos tradicionales y la cuantificación directa de Revit, se puede apreciar de manera muy clara que la cuantificación de Revit obtiene menos volumen en casi todas las ocasiones. Esto se debe a que Revit no redondea ningún valor, y da los valores exactos que aparecen en el modelo, sin incluir ningún factor de desperdicio y/o riesgo. Es muy probable que la primera vez que una empresa implemente la cuantificación mediante la metodología BIM, no obtendrá resultados satisfactorios y no le alcanzarán los volúmenes de obra presupuestados. El agregar factores de estimación adicional en la metodología BIM es un paso clave para que esta metodología tenga éxito.

El tema de tener el programa de obra de manera visual, con el Timeline de Naviswork, es una manera sencilla de hacer comprender tanto a clientes como a los trabajadores de los trabajos a realizar en los días próximos, las partidas atrasadas y las partidas adelantadas. Esto ayuda a que exista sincronía en la comprensión de los procesos y

los tiempos del proyecto, que a su vez influye en mejores flujos de trabajo y con ello mejores resultados en cuanto a tiempo y dinero.

Los reportes compatibles con teléfonos móviles son la piedra angular de esta investigación. El tener la capacidad de reportarle al cliente o al equipo de trabajo en tiempo real directamente a sus teléfonos celulares, crea una interacción muy ágil que genera retroalimentación inmediata y colaboración activa y continua. A pesar de que los reportes generados para esta investigación son bastante sencillos, generan un panorama muy amplio del estatus del proyecto, sin necesidad de ir a la obra físicamente.

En cuanto a los tiempos de ejecución de la implementación BIM, se realizaron 2 implementaciones en proyectos distintos, debido a que muchos pasos de esta implementación se elaboran una sola vez y no se tienen que repetir para futuras implementaciones BIM 5D. La Tabla 21 muestra las duraciones de los procesos de la implementación BIM 5D, la primera vez que se llevó a cabo.

Tabla 21, Duraciones de primera implementación BIM 5D

Concepto	Duración (días) Implementación 1
Elaboración de proyecto ejecutivo en Revit, modelado 3D.	18
Revisión de catálogo universal de tarjetas de la empresa, para identificar claves, códigos y unidades, de los básicos que se utilizarán en el modelo BIM.	5
Codificación de modelo BIM 3D	1
Exportar base de datos ODBC de Revit a MS Access	0.5
Crear consultas por partidas, códigos y cantidades en MS Access	5
Copiar y pegar conceptos de las consultas de MS Access a Neodata	0.5
Correr universal de tarjetas para ajustar precios unitarios desde Neodata	3
Desarrollo de presupuesto base por partidas	1
Exportar archivo de Revit a Naviswork	0.5
Codificar por partidas el árbol de selección en Naviswork	1
Generar Timeline con código de partidas y conceptos en Naviswork	0.5
Exportar a MS Project Código de Partidas y Conceptos desde Naviswork	0.5
Elaboración de cronograma con MS Project	1
Captura de Presupuesto por conceptos y partidas en MS Project a partir de Neodata	0.5
Exportar desde MS Project a Naviswork presupuesto y cronograma	0.5
Elaborar autoajuste de conceptos y partidas por elemento, para desarrollo de control de avance	0.25
Generar Proyecto de desarrollo en Timeline del proyecto de construcción y verificar que la planeación este correcta	0.5
Elaboración de video de recorrido en obra	0.5
Generar avance por volumen en MS Project, y actualizar Naviswork	0.5
Desarrollo de interface entre Naviswork y Móvil, para generar reportes ejecutivos (MACRO)	0.25
Duración total:	40.50

Es importante resaltar que al tratarse de una metodología poco utilizada y de la cual hay poca información en el medio, se invirtió bastante tiempo en la investigación y la comprensión de los flujos de trabajo para vincular los distintos procesos de esta

metodología. Esto llevó gran parte del tiempo que tomo la implementación en su primera utilización.

Una vez que se comprendieron los distintos flujos de trabajo de esta metodología, que se tenía la codificación de las partidas y de los precios unitarios estandarizados y que las consultas de MS Access estaban creadas, la duración de la implementación de la metodología BIM 5D fue mucho más rápida, aun cuando se aplicó en un proyecto distinto a la primera implementación. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 22.

Tabla 22, Duración de implementación BIM 5D por segunda ocasión

Concepto	Duración (días) Implementación 2
Elaboración de proyecto ejecutivo en Revit, modelado 3D.	9
Revisión de catálogo universal de tarjetas de la empresa, para identificar claves, códigos y unidades, de los básicos que se utilizarán en el modelo BIM.	0.5
Codificación de modelo BIM 3D	0.5
Exportar base de datos ODBC de Revit a MS Access	0.25
Crear consultas por partidas, códigos y cantidades en MS Access	2
Copiar y pegar conceptos de las consultas de MS Access a Neodata	0.25
Correr universal de tarjetas para ajustar precios unitarios desde Neodata	1
Desarrollo de presupuesto base por partidas	0.5
Exportar archivo de Revit a Naviswork	0.25
Codificar por partidas el árbol de selección en Naviswork	1
Generar Timeline con código de partidas y conceptos en Naviswork	0.25
Exportar a MS Project Código de Partidas y Conceptos desde Naviswork	0.25
Elaboración de cronograma con MS Project	1
Captura de Presupuesto por conceptos y partidas en MS Project a partir de Neodata	0.25
Exportar desde MS Project a Naviswork presupuesto y cronograma	0.25
Elaborar autoajuste de conceptos y partidas por elemento, para desarrollo de control de avance	0.25
Generar Proyecto de desarrollo en Timeline del proyecto de construcción y verificar que la planeación este correcta	0.5
Elaboración de video de recorrido en obra	0.5
Generar avance por volumen en MS Project, y actualizar Naviswork	0.5
Desarrollo de interface entre Naviswork y Móvil, para generar reportes ejecutivos (MACRO)	0
Duración total:	19

4.4 Análisis de Objetivos

A continuación, se presenta el análisis de los objetivos generales y particulares, con el uso del resultado de las encuestas y del caso de estudio.

4.4.1 Determinar el nivel de conocimiento de las herramientas BIM en la industria de la construcción.

Las herramientas BIM son conocidas por una amplia mayoría de los encuestados, pero son conocidas, más que nada, en la parte teórica, y muy poco en la parte práctica, ya que una muy marcada minoría utiliza o ha utilizado herramientas BIM en sus proyectos.

Es importante resaltar que el medio de la construcción en Jalisco reconoce la importancia de estas herramientas y está convencido de que son el futuro de la industria debido a la eficiencia que aportan a las empresas. Además, están interesados en adquirir conocimientos sobre BIM pues la mitad de los encuestados han tomado cursos a cerca de herramientas BIM.

4.4.2 Determinar el uso de la herramienta BIM para la cuantificación y elaboración de presupuestos (5D).

Las herramientas BIM son muy poco utilizadas en todos los rubros de la construcción. Un porcentaje muy bajo de la industria las utiliza, tanto para cuantificación, como para elaboración de presupuestos. La gran mayoría de las empresas constructoras siguen utilizando métodos tradicionales, como lo son generadores en Excel para la cuantificación y elaboración manual de los presupuestos en Neodata con base a la cuantificación de Excel.

La utilización de herramientas BIM para la cuantificación y la elaboración de presupuestos, aumenta la eficiencia de estos procesos, además de influir en una mayor precisión, siempre y cuando el modelo esté completo y correcto, por lo que la base de esta metodología es el modelo BIM. Si este es incorrecto o carente de información, toda la metodología será deficiente.

4.4.3 Determinar el uso de la herramienta BIM para la elaboración de cronogramas y de control de obra (4D) por la industria de la construcción.

La utilización de la metodología BIM en cuanto a la elaboración de cronogramas y al control de obra en la industria de la construcción en la Zona Metropolitana de Guadalajara es mínima. Se utilizan los métodos tradicionales, en donde el cronograma es elaborado ya sea en Excel o MS Project y este no tiene ningún vínculo con el presupuesto, ni el modelo.

La utilización de herramientas BIM 4D crea una representación más sencilla de interpretar para los participantes del proyecto. Esto aporta en un mayor compromiso y participación de parte de los interesados del proyecto.

4.4.4 Se determinarán tiempos en la elaboración de presupuestos en los cuales se compara la metodología BIM contra los métodos tradicionales.

La elaboración de presupuestos utilizando herramientas BIM permite realizar los presupuestos casi de manera simultánea a la elaboración del modelo del proyecto.

Como se mencionó anteriormente, la base para que esta metodología funcione de manera correcta, es que el modelo llegue mínimo a un nivel BIM 350. El modelo será la base de datos que alimente las cantidades a ingresar en el presupuesto, complementado por consultas de MS Access que concentran y agrupan los volúmenes por partidas del presupuesto.

En cuanto a los tiempos de implementación de la elaboración de presupuestos con la metodología tradicional, comparada con la metodología BIM, se obtiene un ahorro en tiempo de alrededor de 1 día con la metodología BIM en comparación con la tradicional, como muestra el Gráfico 31. Esto, claro, contemplando que se compara la metodología tradicional contra la segunda implementación de la metodología BIM. En cada implementación BIM 5D se conseguirá reducir el tiempo de implementación ya que las consultas y la codificación de las partidas se irá nutriendo de mejores y más detallados parámetros, lo que hará una interacción de procesos más ágil.

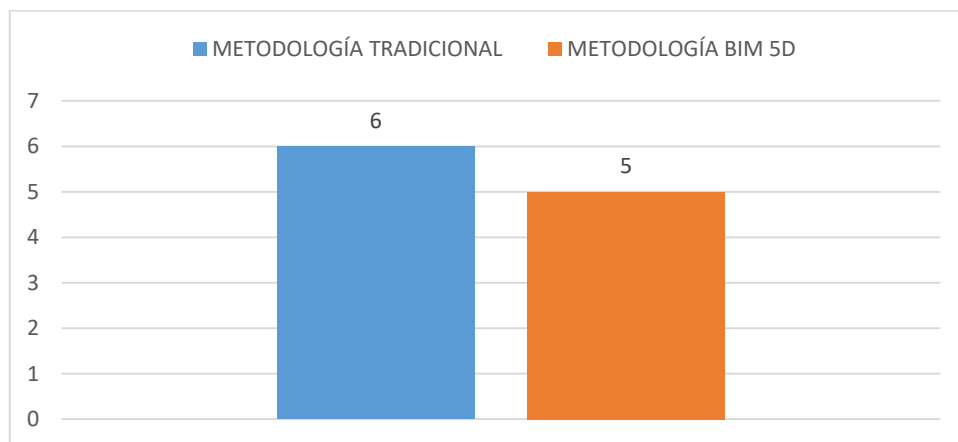


Gráfico 31, Duración (días) de cuantificación y elaboración del presupuesto en Metodología tradicional y Metodología BIM

4.4.5 Se determinarán los tiempos y detalle de la planeación de los proyectos en la etapa de cronogramas y para el control de las obras.

La elaboración del cronograma tanto en la metodología tradicional como en la metodología BIM son prácticamente iguales, con la diferencia de que en la metodología tradicional se tienen que ingresar manualmente las partidas del proyecto, mientras que en la metodología BIM estas se importan de los conjuntos creados en Naviswork.

La elaboración de los vínculos entre las tareas se hace de forma manual con respecto a la experiencia en ambas metodologías. Una vez que se tiene todo el modelo ligado, la metodología tradicional termina en su elaboración del cronograma, mientras que en la metodología BIM se revisa con el modelo, el orden constructivo y de manera muy sencilla y visual se puede comprobar que los procesos constructivos sean correctos, y de ser incorrectos se hace la modificación en MS Project.

En cuanto al control de obra, la metodología tradicional lleva a cabo el control de manera independiente entre la relación del proyecto ejecutivo, los gastos y los avances de obra. En la metodología BIM, el control de obra va directamente ligado al modelo, por lo que se conoce qué elementos se han ejecutado, qué elementos están retrasados y cuáles están en tiempo. Además, esto permite crear programas semanales gráficos que le permiten a la gente de obra comprender de mejor manera los trabajos que están planeados realizar durante la semana.

Los informes, que son compatibles con los teléfonos móviles, permiten una interacción directa entre el equipo de trabajo y los clientes, trayendo consecuencias muy positivas al involucrar a todos los participantes del proyecto en su control de avance tanto físico como monetario.

En cuanto a términos de duración en la implementación de los cronogramas y el control de obra, la metodología tradicional es más rápida, ya que se elabora de forma arbitraria y no hay comprobación de si esta es correcta o no. La duración en este proceso en la metodología tradicional toma alrededor de 1 día mientras que en la metodología BIM toma alrededor de 2.25 días como se puede observar en el Gráfico 32. La diferencia en tiempos es mínima si se toma en cuenta todas las ventajas que se pueden conseguir en la metodología BIM con respecto a la metodología tradicional.

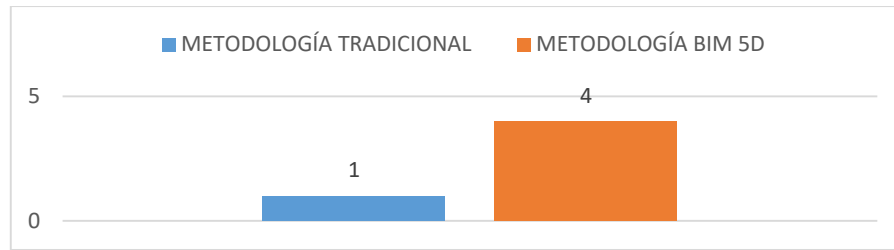


Gráfico 32, Duración (días) de elaboración de cronogramas y control de obra en Metodología Tradicional y Metodología BIM

4.4.6 Objetivo General. Se demostrará que el uso de la herramienta BIM 5D, reduce tiempos en la elaboración de presupuestos y cronogramas, con respecto a los métodos tradicionales.

La metodología BIM aporta una mejora en los tiempos de ejecución de la cuantificación y elaboración de presupuestos de alrededor de 1 día, como se muestra en el Gráfico 32, esto conseguido en la segunda implementación BIM, pero en cada implementación BIM la duración en los procesos se irá reduciendo a manera que se detallan las consultas, los modelos y la codificación y subdivisión de las partidas del presupuesto para acoplarlo lo mejor posible a esta metodología.

En cuanto a la parte de elaboración de cronogramas la metodología BIM es alrededor de 1.5 días más tardado que la metodología tradicional. A pesar de esto, la metodología BIM permite identificar, de manera muy sencilla, posibles interferencias o errores en los procesos constructivos. Además de que lleva el cronograma a un lenguaje que fácilmente todos los participantes del proyecto podrán comprender e interpretar, como lo es una representación gráfica del modelo en tiempo real.

Es importante resaltar que en la etapa de elaboración del proyecto ejecutivo se tiene un ahorro muy considerable de tiempos en la metodología BIM con respecto a la metodología tradicional, de alrededor de 8 días, como lo muestra el Gráfico 33.

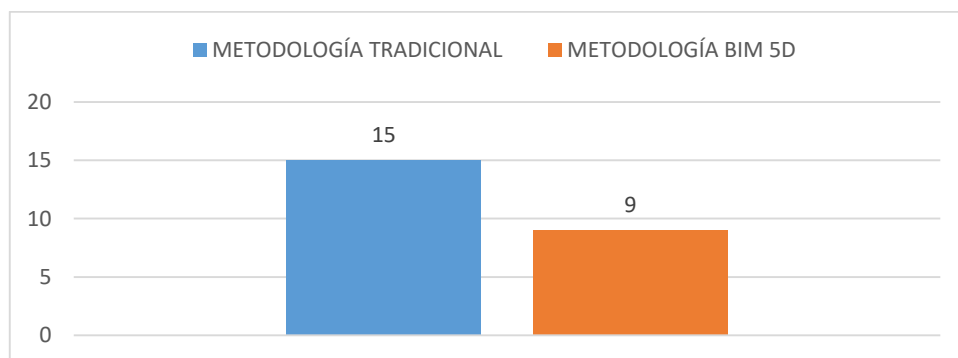


Gráfico 33, Duración (días) en la realización del proyecto ejecutivo en Metodología Tradicional y Metodología BIM

Ya en conjunto, la metodología BIM resultó ser alrededor de 5 días más rápida que la metodología tradicional. Esto aporta una mayor capacidad para la empresa para la cuantificación, la elaboración de presupuestos, la elaboración de cronogramas y el control. Sin mencionar que para que esta metodología funcione se debe contar con un modelo bastante detallado, que suele ser uno de los problemas más comunes en la metodología tradicional, ya que los proyectos ejecutivos incompletos son uno de los principales causantes de errores y retrabajos en la ejecución. El Gráfico 34 muestra la duración global de cada una de las metodologías.

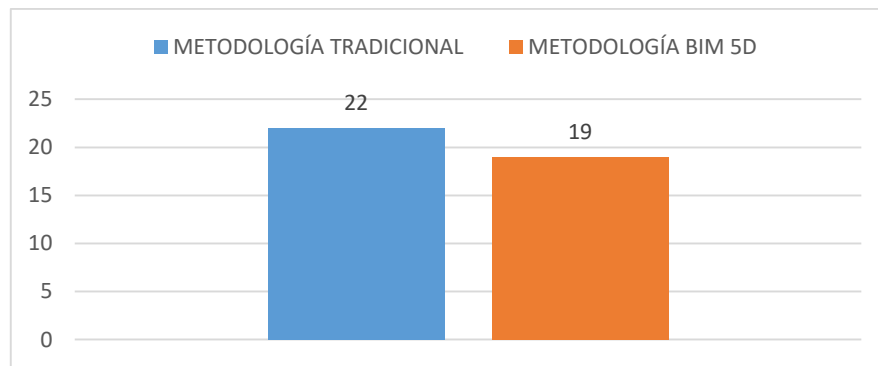


Gráfico 34, Duración (días) en la implementación total de la metodología Tradicional y Metodología BIM

CAPÍTULO 5 CONCLUSIÓN

5.1 Introducción

A continuación, se muestran las conclusiones sobre la investigación, y recomendaciones para futuras líneas de investigación que complementan o aportan a esta investigación.

5.2 Análisis de la Hipótesis

A pesar de que el medio no está muy familiarizado en la utilización de las herramientas BIM 5D, estas ya comienzan a ser un tema de interés para los profesionales de la construcción en la Zona metropolitana de Guadalajara. Hay una opinión generalizada de que entre 5 o 10 años la totalidad de la industria utilizará herramientas BIM.

Las herramientas BIM proporcionan un considerable ahorro de tiempo en la ejecución del proyecto ejecutivo, debido a que las herramientas de modelado BIM, como lo es Revit, crean flujos de trabajo muy ágiles a la hora de dibujar los planos de un proyecto. Además de que se consiguen planos más detallados de lo que se consigue en la metodología 2D tradicional.

Una vez que se cuenta con el modelo 3D, la duración de los siguientes pasos de cuantificación y elaboración de presupuestos también se reduce en la metodología BIM 5D a comparación de la metodología tradicional. Vale la pena resaltar que este ahorro se da a partir de la segunda implementación BIM 5D en adelante, ya que en la primera implementación se deberá invertir bastante tiempo en la configuración de los códigos de los precios unitario y en la elaboración de las consultas de MS Access.

En los procesos de elaboración del cronograma y control de obra, la metodología BIM 5D conlleva un poco más de tiempo invertido, debido a que las herramientas BIM ligan el modelo 3D con el programa de obra, permitiendo analizar si el cronograma se elaboró de manera correcta y en caso de existir una incoherencia en los procesos constructivos se puede identificar de manera muy rápida, caso contrario a la metodología tradicional en donde se vuelve bastante complicado identificar errores de planeación del proyecto.

Las conclusiones anteriores son aplicables a proyectos de vivienda de interés medio vivienda con un tamaño mínimo de 200 m² de construcción en 2 niveles, localizado en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

5.3 Futuras Líneas de Investigación

BIM es un tema que se seguirá explorando de manera muy importante en los siguientes años. Tal y como se demostró en esta investigación, las herramientas BIM aportan grandes beneficios a la industria de la construcción permitiendo procesos más eficientes y ahorros de tiempo.

Existen temas que esta investigación no alcanzó a abordar y que en futuras investigaciones podrían desarrollarse para complementar y contribuir con nuevos aportes a la implementación de metodologías BIM.

Como principal línea de futuras investigaciones y que sería un complemento importante a esta investigación, sería investigar los aportes económicos que las herramientas BIM les entregan a las empresas constructoras. Se podría analizar tanto los costos de realización del proyecto, el control de los trabajos durante la construcción y como resultado se podrían analizar las utilidades conseguidas con la metodología BIM con respecto a la metodología tradicional.

Además, sería interesante plantear una manera de ligar el presupuesto de Neodata con el programa de obra de MS Project, lo que terminaría por automatizar toda la implementación BIM 5D, eliminando el único paso en donde se tienen que ingresar datos de manera manual.

Además, se podría plantear el uso de herramientas BIM alternativas, como lo es Vico Office, que permite gestionar el modelo 3D, el programa de obra y el presupuesto en una sola plataforma, lo que podría llegar a resultar en un mejor control del proyecto por medio de herramientas BIM.

CAPÍTULO 6 Bibliografía

- Bimetriclab. (27 de 4 de 2016). *EPISODIO 10: EFECTO DEL BIM EN LAS FASES DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Espacio Lean BIM: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto/>
- CT Formación. (2016). *La situación actual del BIM en el mundo evoluciona exponencialmente*. Recuperado el 26 de 7 de 2018, de CT Formación: <http://ctformacion.com/la-situacion-actual-del-bim-evolucion/>
- Enciclopedia Culturalia. (30 de 11 de 2014). *Definición y Significado de Cuantificar (Concepto / Qué es)*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Enciclopedia Culturalia: <https://educavital.blogspot.mx/2014/11/definicion-y-significado-de-cuantificar.html>
- Enlace Arquitectura. (7 de 4 de 2018). *El futuro de BIM en México*. Obtenido de Enlace Arquitectura: <https://enlacearquitectura.com/el-futuro-de-bim-en-mexico/>
- Fernandez, L. (8 de 3 de 2007). *¿Cómo se elabora un cuestionario?* Recuperado el 26 de 7 de 2018, de Universitat de Barcelona: <http://www.ub.edu/ice/recerca/pdf/ficha8-cast.pdf>
- Franco, J. T. (7 de 2 de 2018). *¿Qué es BIM y por qué parece ser fundamental en el diseño arquitectónico actual?* Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Arch Daily: <https://www.archdaily.mx/mx/887546/que-es-bim-y-por-que-es-fundamental-en-el-diseno-arquitectonico-actual>
- Herrera, M. (2018). *FORMULA PARA CÁLCULO DE LA MUESTRA POBLACIONES FINITAS*. Recuperado el 26 de 7 de 2018, de Investigación Pedia HR: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- ITM Platform. (31 de 3 de 2016). *¿Qué es un cronograma?* Recuperado el 22 de 5 de 2018, de ITM Platform: <http://www.itmplatform.com/es/blog/que-es-cronograma/>
- Madrid, J. A. (2015). Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España. *Building Smart Art*.

- Martán, M. A. (2014). *Qué es un presupuesto*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Gestion: <https://www.gestion.org/que-es-un-presupuesto/>
- Pérez, J. F. (4 de 9 de 2017). *La Historia de BIM: Building Information Modeling*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Lean Construction México: <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/single-post/HistoriaBIM>
- Sánchez, A. (9 de 12 de 2016). *BLANCA-BIM Y LAS 7 DIMENSIONES*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Espacio BIM: <https://www.espaciobim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d/>
- UACM. (2018). *GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (GUÍA DEL PMBOK)*. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de Portal de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México: <https://uacm123.weebly.com/6-gestioacuten-de-las-comunicaciones-del-proyecto.html>