



UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Arquitectura Y Urbanismo  
Escuela de Postgrado  
Magíster en Dirección y Administración de Proyectos Inmobiliarios

OPTIMIZACIÓN DE UN PROYECTO INMOBILIARIO  
A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACION DE PROCESOS TECNOLOGICOS EN LA  
COORDINACIÓN Y GESTION DE PROYECTO.

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION Y  
ADMINISTRACION DE PROYECTOS INMOBILIARIOS

PROFESOR GUIA

ARQTO. MARCELO VALENZUELA VARGAS

ALUMNO

ARQTO. ANDRÉS MENARES SAGREDO

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2016

## Resumen

Como ya es sabido la construcción en nuestro país ha sufrido un estancamiento el año 2015 y según las proyecciones de la cámara chilena de la construcción no se presenta mejor para el 2016, falta de provisión de suelo urbano, encarecimiento de la construcción por temas regulatorios y el alza del dólar son algunos de los factores de este proceso, por ello se deben buscar ventajas competitivas para llevar adelante los proyectos y que sean rentables.

Es sabido que siempre se suscitan los mismos problemas a la hora de realizar un proyecto de construcción, incumplimiento en los plazos, aumento en el costo por concepto de mala coordinación de proyectos y problemas de calidad, lo cual merma directamente las utilidades o precio final de venta.

Es el interés de este trabajo de investigación poder encontrar las causas de origen de dichos problemas y poder proponer alguna solución a estos. Es aquí donde la implementación de tecnología se presenta como una alternativa para dar solución algunos de los problemas presentados.

Se analizó un caso real de edificación en altura presentando como proyecto base de análisis, se realizó la simulación de este y se evaluó a través de procesos tecnológicos, con los datos ingresados al modelo los resultados arrojaron que se puede optimizar un 6% de los costos en el proceso de diseño y licitación sobre el costo de construcción neto.

## Abstract

As it is known, construction in Chile has suffered a stagnation in 2015. According to the estimates of the “camara chilena de la construcción” it will not be better in 2016, lack of availability of construction grounds, construction has become more expensive because of regulatory measures the Chilean and the appreciation of the dólar. Because of these reasons it is paramount to find competitive advantages to make profitable projects.

It is well known that most construction projects face similar challenges, not meeting deadlines, cost increases because of deficient project coordination and quality problems, which affects directly profit margin or final selling price.

This research is focused in finding the causes at the origin of these problems and to propose a solution. It is here that the implementation of technology presents itself as an alternative in finding a solution to the problems presented.

There is a real case study of a high rise building which I present as basis of analysis. I did a simulation of this building and evaluated according to technological processes. With the data input into this model the results were that we could optimize by 6% the cost in the process of design and public bidding, of the construction project.

## **Agradecimientos**

Primeramente agradezco a la universidad por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para poder realizar este magister, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante. Agradezco de manera especial a la Dra. en Arquitectura María Eugenia Pallares por su apoyo, ánimo y más, a mi tutor de tesis el Arquitecto Marcelo Valenzuela por su confianza, estímulo y dedicación en el desarrollo de esta tesis.

A mi padre que aunque no esté presente lo llevo en mi corazón y siempre estará en mi recuerdo.

Para concluir no puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a mi familia y mi hermosa mujer, a mi hijo Matías por ser la fuente de motivación e inspiración para salir adelante en este proceso de continuo aprendizaje.

<b>Índice</b>	
Índice .....	I
Índice de Figuras.....	IV
Índice graficos.....	V
Índice tablas.....	VI
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Antecedentes .....	4
1.3 Hipótesis .....	6
1.2 Objetivo.....	7
1.2.1 Objetivo General .....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 Metodología .....	7
<b>CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>8</b>
2.1 Introducción.....	8
2.2 Los Gestores Inmobiliarios o Mandantes.....	16
2.2 La evolución de las tecnologías digitales en los procesos de diseño.....	21
2.2.1 Las primeras representaciones arquitectónicas.....	21
2.2.2 De CAD a BIM.....	23
2.3 La tecnología BIM .....	26
2.4 La tecnología BIM en Chile .....	31
2.4.1 Niveles de adopción.....	33
2.4.2 Herramientas BIM usadas.....	33
2.4.3 Tipos de proyectos.....	34
2.4.4 Beneficios .....	35
2.4.5 Costos de implementación.....	35
2.5 La coordinación BIM.....	36
2.5.1 Coordinación durante el proyecto .....	37
2.5.2 Integración de modelos.....	37
2.5.3 Etapas en las que se usa BIM .....	39
2.5.4 Flujos de trabajo .....	39

2.5.5 Reunión de coordinación .....	40
2.5.6 Actualizaciones del modelo.....	40
2.5.7 Buenas prácticas para la coordinación BIM .....	40
2.5.8 Implementación BIM en una empresa .....	41
CAPITULO 3. MARCO TEORICO .....	43
3.1 Etapas de un proyecto Inmobiliario .....	46
3.1.1 Existencia de una necesidad .....	46
3.1.2 Factibilidad del proyecto .....	46
3.1.3 Evaluación .....	46
3.1.3 Financiamiento .....	46
3.1.4 Diseño .....	47
3.1.5 Licitación de la Obra .....	48
3.2.6 Construcción.....	48
3.2.6 Puesta en Marcha.....	49
3.2.7 Abandono .....	49
3.2 Reingeniería de procesos.....	49
3.2.1 Tipos de Reingeniería de Procesos .....	50
3.2.2 Ventajas de la metodología.....	51
3.2.3 Casos exitosos de reingeniería de procesos con tecnología BIM.....	52
3.3. Gestión de proyectos .....	56
3.3.1 Definición de proyecto. ....	56
3.3.2 Definición gestión de proyectos. ....	56
3.3.3 Ciclo de vida del proyecto .....	57
3.3.4 Diseño del proyecto. ....	60
CAPITULO 4. COSTOS.....	71
4.1 Costos directos .....	71
4.2 Costos Indirectos.....	72
4.3 Costos asociados a desviaciones.....	73
4.4 Costos Financieros.....	74
CAPITULO 5. CASOS .....	75
5.1 Referentes.....	75
5.1.1 Costanera Center .....	75

5.1.2 Dalí Museum, St. Petersburg, Estados Unidos .....	79
5.1.3 Derby Business Park, Espoo, Finland .....	80
5.2 Caso de Estudio .....	82
5.2.1 Edificio de Oficina Tantum .....	82
CAPITULO 6. ANALISIS DEL CASO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACION .....	84
6.1 Antecedentes de la implementación de TIC en un proyecto inmobiliario. ....	90
6.2 Implementación en términos contractuales.....	96
6.3 Costo de la implementación de tecnología. ....	97
6.4 Metodología de Entrega, Control y seguimientos .....	101
CAPITULO 7. RESULTADOS.....	106
7.1 Fundamento de las desviaciones .....	106
7.2 Mediciones .....	107
CAPITULO 8. CONCLUSIONES .....	115
9. Bibliografía.....	120
9.1 Libros y Tesis .....	120
9.2 Documentos .....	122
9.3 Documentos web.....	122

## Índice de Figuras

Figura 2.1 Esquema desarrollo de proyecto actual .....	10
Figura 2.2 Esquema injerencia en los costos del proyecto.....	11
Figura 2.3 Esquema anticipación costos.....	12
Figura 2.4 Diagrama funcionamiento de una empresa inmobiliaria .....	17
Figura 2.5 Esquema funcionamiento empresa constructora .....	19
Figura 2.6 Esquema funcionamiento empresa constructora con coordinador bim .....	19
Figura 2.7 Corte y planta de la villa capra de 1570 diseñado por Andrea palladio .....	22
Figura 2.8 Perspectiva axonométrica: proporción de las medidas. ....	22
Figura 2.9 Línea de tiempo de los sistemas CAD .....	26
Figura 2.10 Alcances del BIM .....	27
Figura 2.11 Ciclo de vida de un proyecto.....	28
Figura 2.12 Implantación bim en el mudo .....	29
Figura 2.13 Etapa de diseño de un edificio .....	37
Figura 2.14 Modelo Distribuido .....	38
Figura 2.15 Modelo Centralizado .....	38
Figura 3.1 Tipos de reingeniería de procesos .....	50
Figura 3.2 Proceso de reingeniería de procesos adaptada a filosofía bim .....	52
Figura 3.3 Fases de implementación bim en la reingeniería de procesos .....	55
Figura 3.4 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.....	58
Figura 3.5 Proceso integrado de diseño construcción y operación .....	59
Figura 3.6 Esquema requisitos de un proyecto según expectativas del cliente .....	60
Figura 3.7 Descomposición de tareas de trabajo .....	63
Figura 3.8 Carta Gantt con ruta crítica. ....	66
Figura 3.9 Esquema de costos de un proyecto .....	67
Figura 4.1 Esquema costos directos .....	72
Figura 4.2 Esquema costos indirectos .....	73
Figura 5.1 proyecto costanera center.....	75
Figura 5.2 estructura de remate torre costanera center .....	76
Figura 5.3 esquema de configuraciones torre costanera center.....	78
Figura 5.4 Escalera Museo Dali, ST. Petersburg. ....	79
Figura 5.5 Fachada Museo Dali .....	79
Figura 5.6 Modelo de instalaciones edificio derby business park .....	80



Figura 5.7 edificio derby business park perspectiva.....	81
Figura 5.8 Edificio de estudio tantum .....	82

Figura 6.1 Esquema propuesto para la implementación departamento bim dentro de la inmobiliaria .....	90
Figura 6.2 Esquema propuesto para la implementación departamento bim dentro de una obra. ....	91
Figura 6.3 Modelo de Estudio .....	93
Figura 6.4 Modelo Constructivo .....	95
Figura 6.5 Modelo de entrega hasta cota 0.....	102
Figura 6.6 modelo de entrega hasta cubierta.....	102
Figura 6.7 esquema de formato de registro de horas trabajo bim .....	105

#### Índice gráfico

Grafico 2.1 Principales causas de una mala coordinación de proyecto.....	13
Grafico 2.2 Principales problemas detectados en obra .....	14

Graficos 6.1 Procentaje de rdi predecibles, no predecibles y discutibles .....	89
--	----

Graficos 7.1 Grafico RDI del proyecto .....	108
Graficos 7.2 RDI evitables, inevitables y discutibles .....	109

## Índice tablas

Tabla 1 Certificados y documentos requeridos para recepción final de un edificio.....	45
Tabla 6.1 Costo del proyecto inmobiliario .....	84
Tabla 6.2 presupuesto de obra tantum.....	85
Tabla 6.3 Listado de adicionales edificio.....	87
Tabla 6.4 Adicionales Predecibles, no predecibles, discutibles .....	88
Tabla 6.5 cálculo de implementación oficina de coordinación bim .....	97
Tabla 6.6 Costo area de trabajo bim periodo de un mes.....	98
Tabla 6.7 cálculo de implementación oficina de coordinación bim .....	99
Tabla 6.8 Costo area de trabajo bim periodo de un mes.....	99
Tabla 6.9 cuadro comparativo implementación bim .....	100
Tabla 6.10 Listado de RDI coordinacion departamento bim .....	104
Tabla 7.1 Resultado de las rdi de obra.....	108
Tabla 7.2 Resultado de las rdi evitables, inevitables y dicutibles.....	109
Tabla 7.3 Costo de implementación alternativas proyecto.....	110
Tabla 7.4 porcentaje de la implementación en los actores .....	110
Tabla 7.5 Porcentaje costo implementación respecto al total de adicionales favorable.....	111
Tabla 7.6 Porcentaje costo implementación respecto al total de adicionales probable.....	112
Tabla 7.7 Porcentaje costo implementación respecto al total de adicionales pesimista.....	112
Tabla 7.8 Calculo del Roi proyecto tantum .....	113
Tabla 7.9 Calculo del Roi proyecto de proyectos hechos en chile.....	113
Tabla 7.10 Beneficio de implementación bim sobre la rentabilidad del proyecto .....	114

# **CAPITULO 1. INTRODUCCION**

## **1.1. Planteamiento del Problema**

La génesis del tema en la presente tesis, aparece luego de observar los “errores de proyectos” a través del tiempo, es del interés de esta presente tesis poder mejorar y encontrar las claves para que un proyecto inmobiliario sea más eficiente y rentable en el tiempo, mejorando el flujo de información entre especialistas, revisando las EETT, generando modelos 3d, planos, fichas de productos, informes técnicos, cartas Gantt, etc. y lograr que todas estas variables se ajusten a un tiempo y costo específico.

En este contexto la gestión de Proyectos busca implementar un uso eficiente de los recursos a través de tres canales principales, estos son: Costo, Tiempo y Calidad. Estos son gestionados por intermedio del presupuesto, la programación y el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

La problemática de la gestión y administración de proyectos radica en optimizar la productividad y eficiencia de los recursos; esto es minimizar tiempo de trabajos no contributivos, recursos perdidos en trabajos rehechos, retrasos, pérdida de ritmo o calidad de la obra.

La productividad, en tanto, es un parámetro que ha sido objeto de varios estudios sectoriales, es así como se controlan indicadores para analizar la situación de la industria de la construcción y compararla con otros rubros, los avances registrados en los últimos años son importantes, pero la búsqueda constante de ejecutar procesos más eficientes hace que este tema se mantenga plenamente vigente.

El centro Nacional de Calidad y Productividad (chile calidad), organismo dependiente del ministerio de economía, mide permanentemente a diversos actores de la economía. En este sentido, por productividad se entiende” la relación entre la producción obtenida por un sistema de fabricación de bienes o servicios y los recursos utilizados para obtenerla” (Crespo, 2013) .Los recursos considerados en estas mediciones son la mano de obra y el capital, más insumos como energía y materiales, entre otros. Con lo anterior, se afirma que una mayor productividad significa mayores niveles de producción (en volumen, calidad, disminución de plazos) con los mismos recursos.

“A mayor productividad menores los plazo” (Hernán de Solminihac ,2011) Esta variable asociada a la programación, obviamente, se relaciona con los costos; los recursos destinados a solucionar problemas originados de errores en la ejecución o mal diseño, generalmente abultan el presupuesto y merman la rentabilidad de los proyectos

La ejecución de las obras de edificación también está expuesta a sufrir desviaciones en costos, plazos y calidad por errores propios del proceso constructivo, como pueden ser deficiencias en la supervisión de los contratistas, mala operativa de abastecimientos de materiales o problemas de seguridad laboral. En este sentido se hace muy importante implementar y mantener un sistema de gestión en la empresa constructora, ya que ha demostrado que facilita significativamente alcanzar incrementos de la productividad, sin olvidar calidad del proyecto establecida en el diseño previo a través de las especificaciones.

Esta tesis quiere plantear el poder desarrollar a través de la tecnología, un plan de acción respecto a un proyecto cualquiera, determinar cuáles son las partidas críticas, tiempos de acción, desviaciones permitidas, determinar cuáles son los tiempos de desarrollo esperados para cada etapa de proyecto y de esta manera

conseguir mejores rentabilidades en los tiempos esperados de ejecución. La propuesta será investigada desde dos puntos de vista:

### **Constructora**

Como puede una constructora utilizar a su favor el tener mayor control sobre los tiempos de ejecución de la Obra, manejar de mejor manera las cubriciones y por ende los costos del proyecto y como traspasa esas diferencias a la hora de licitación de un proyecto, como competitivamente puede mejorar la oferta en una propuesta y de esta manera adjudicársela.

### **Inmobiliaria**

Para una inmobiliaria es de suma importancia tener la mayor cantidad de información sobre la obra, estados de avance, estados de pago, tiempos de ejecución y tiempos de retornos del capital invertido, de esta forma es de suma importancia el manejo de la información y como esta se hace llegar a la constructora como a los especialistas.

Para los dos casos de estudio se podrán identificar lo que significan estas mejores oportunidades de negocio rentabilizando en el tiempo, costo y calidad.

## 1.2 Antecedentes

Actualmente la Industria de la Construcción en Chile, viene creciendo de manera sostenida y a pesar de su crecimiento, los problemas que enfrenta el sector son bien conocidos: incumplimiento de los plazos y sobre costos, baja productividad, insuficiente en la calidad. La mayoría de estos problemas atribuibles a una ineficiente gestión desde etapas tempranas y a una inadecuada planificación y control de proyectos.

Particularmente la integración de los procesos de inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control de cierre disminuye los riesgos de los proyectos. El documentar y elaborar metodologías permite repetir los éxitos y mejorar en cada proyecto, ya que genera una base de acción, permitiendo mayor libertad y atención a los nuevos desafíos que así lo requieran.

Para comprender el proceso de una obra, hay que entender que existen distintas etapas que se deben cumplir dentro del desarrollo de un proyecto, en este proceso lo óptimo es contar con un coordinador de proyectos integral el cual “otorgue un enfoque homogéneo, mejora la relación costo / beneficio, produce satisfacción en el cliente y desarrolla las habilidades del equipo”

Para el desarrollo de un proyecto inmobiliario es necesario contar con las distintas especialidades que intervienen en él, por ejemplo lo primero es tener un proyecto de arquitectura, el cliente o patrocinador debe externarle al encargado del diseño las necesidades del proyecto; necesidades que se generaron mediante estudios tanto de mercadeo como de factibilidad.

Seguidamente, la propuesta normativa se deberá incorporar estudios legales, normativas vigentes brindadas por las diversas entidades ya sean públicas o privadas. Entre esos estudios se pueden mencionar por su grado de importancia

el uso del suelo, el cual, permite interpretar el porcentaje de uso sobre el espacio físico a utilizar, también el tipo de desarrollo permitido. Otros también importantes son los servicios de telecomunicaciones, líneas de alta tensión, servicio de agua potable, alcantarillado sanitario, alineamiento ferroviario y DGAC.

Es relevante además, realizar una programación de tareas coordinadas para velar, a través de las áreas de conocimiento, por el análisis y la búsqueda del éxito del proyecto mediante una metodología bien definida en todas sus etapas.

Luego se realizan reuniones de coordinación para que el proyecto sea ejecutable y tenga todos los requerimientos que el mandante así lo necesite. Luego de estas reuniones teóricamente los proyectos están listos para la etapa de construcción.

Para un proyecto de edificación se estima una “perdida” en adicionales de un 3% a un 5% aproximado, esto en algunos proyectos puede llegar hasta un 15% de sobre costo.

### **1.3 Hipótesis**

Si bien el interés de las constructoras e inmobiliarias es realizar proyectos rentables, deben mantener un precio de mercado, esto va a depender de los costos y margen de utilidad que se le exija a cada proyecto.

Se pueden optimizar los costos de un proyecto inmobiliario a través de la incorporación de tecnologías a los procesos productivos para de esta manera asegurar las rentabilidades del proyecto y precio final de este.

Conocer anticipadamente el costo real puede asegurar la rentabilidad del proyecto a través del tiempo estimado para el desarrollo de cada una de las partidas en tiempo y capital acotados. Lo que se puede apreciar en el mercado inmobiliario es que en una zona se están realizando varios proyectos de similares características, el precio va hacer una variable a considerar, por ello las decisiones tomadas en etapas tempranas del proyecto pueden ser una real diferencia en las utilidades y velocidad de venta de dichos proyectos.

La coordinación de proyecto debe lograr el trabajo ensamblado, integrando y sincronizando de los grupos involucrados en el proyecto, de manera de obtener acontecimientos planeados para resultados específicos deseados que conducen a los cumplimientos de los objetivos del proyecto.



## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo General**

Identificar los procesos y problemas de coordinación que enfrenta un proyecto inmobiliario y como afecta este al precio final de Venta.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Reconocer partidas relevantes para el proyecto
2. Identificar la ruta crítica del proyecto y sus desviaciones
3. Cuantificar las descoordinaciones (tiempo y costo)
4. Evaluar perdidas por conceptos de mala coordinación

## **1.3 Metodología**

Se identificarán las distintas fallas cometidas en un proyecto de construcción ya terminado, entregado de la forma tradicional (Diseño-Licitación-Construcción) y bajo un contrato a suma alzada (de tal forma de asegurar una mejor documentación de errores producidos en la etapa de construcción debido a problemas de diseño), y cuáles de estos errores podrían haberse evitado si el proyecto hubiera sido bien coordinado.

Se evaluara el proyecto realizado y se comparara con un proyecto simulado en una coordinación Digital, se evaluaran en tres escenarios favorable, media, desfavorable.

## **CAPITULO 2. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 Introducción**

Durante la década de los ochenta aproximadamente, la ejecución de obras de construcción dependía básicamente de la idiosincrasia del constructor y la naturaleza de las obras. A partir de esta fecha gradualmente la planificación de los proyectos comienza a adquirir importancia debido a múltiples factores entre los que se cuentan: la mayor complejidad de los proyectos, los plazos más exigentes, el dinamismo de la realidad, la exigencia de certificaciones, los compromisos de ventas a futuro, la necesidad de aprovechar las oportunidades económicas, la utilización del sistema contractual fast track, la disponibilidad de recursos, y la necesidad de proyectos rentables y seguros debido a las grandes inversiones y la competencia. (Dr. Veas, 2010)

En la actualidad las empresas constructoras e inmobiliarias, tienden siempre a los mismos problemas, incumplimiento en los plazos, adicionales y calidad.

Actualmente la coordinación de proyectos tiene varios agentes, por lo general existe un coordinador de proyecto por parte del mandante, quien es el encargado de realizar dicho trabajo, es habitual que derive los planos y solo realice una coordinación más bien entre especialistas, además ver permisos, avances de obra, gestión con la municipalidad, etc.

Para intentar dar respuesta a estas necesidades de los proyectos inmobiliarios, las asesorías al mandante más tradicionales, son las oficinas de inspección técnica de obras (I.T.O.) estas han incorporado la coordinación de los proyectos. Es decir, la asesoría al mandante comienza antes de la fase de ejecución de la obra.

La constructora por su parte realiza el análisis económico de la Obra, realiza superposición de planos, pero por lo general no se esclarece toda la información, de esta manera la constructora encuentra incongruencias entre los planos y EETT y genera los respectivos adicionales al mandante.

“Por cierto, mayor nivel de profundidad en la información requiere incurrir en mayores costos, por el nivel de detalle que permite disminuir la incertidumbre.” (Dr. Veas, 2010)

“Se examinaron las necesidades del sector construcción que han determinado el surgimiento del Administrador Integral de Proyectos, y la situación actual de la AIP (Administrador Integral de Proyectos) de proyectos inmobiliarios en Chile. Posteriormente, y por medio de un análisis del ciclo de vida de un proyecto inmobiliario, se identificaron los aspectos en los cuales es necesaria la asesoría del tipo AIP, y los factores a considerar por un mandante a la hora de contratar los servicios de una oficina de AIP” (Dr. Veas, 2010), el tema no es nuevo y ya existe un análisis de los problemas encontrado en terreno, lo cual no quiere decir que esta figura este generalizada en el mercado inmobiliario.

Aparece la necesidad de aprovechar las oportunidades económicas, los compromisos de venta a futuro, la necesidad de proyectos rentables y seguros debido a las grandes inversiones y la competencia, entre otros.

El objetivo de esta coordinación es básicamente poder anticipar las dificultades que se puedan producir en la obra y que signifiquen perdidas de producto de ambigüedades, vacíos o contradicciones en los proyectos que permitan materializar claramente la solución, y que traiga consigo la paralización de una actividad. Las perdidas también pueden producirse por la necesidad de rehacer trabajos cuando los planos y/o especificaciones técnicas contengan errores, incongruencias u omisiones generadas en etapas anteriores.

En el desarrollo de un proyecto inmobiliario existe la variable tiempo y costo, en un sistema de construcción tradicional los problemas de indefiniciones y problemas de coordinación se producen justo en el encuentro de estas dos variables, donde a mas avance en la obra mayor es el costo monetario de cada cambio o modificación, si estos cambios se producen en la etapa de diseño las implicancias monetarias serán menores.

El objetivo de estudiar la viabilidad de los proyectos de esta manera es evitar elevados costos al desechar en las primeras etapas los proyectos que no son viables.

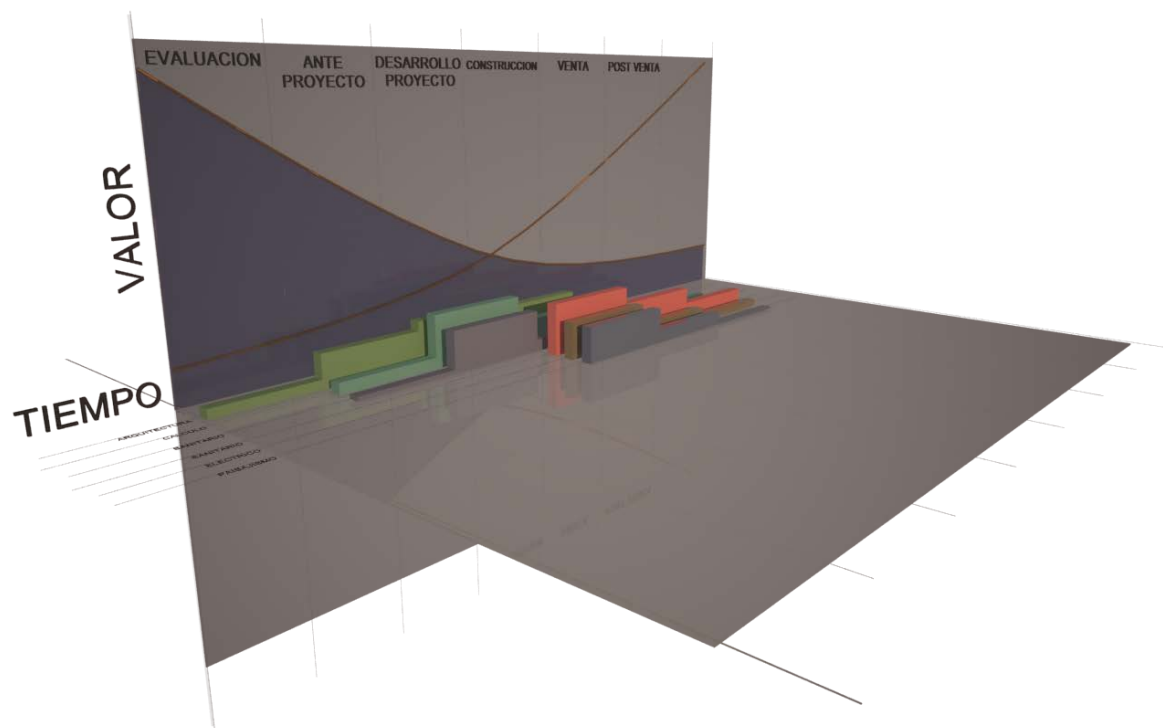


FIGURA 2.1 ESQUEMA DESARROLLO DE PROYECTO ACTUAL  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El concepto de desarrollo de proyecto inmobiliario que existe actualmente, tiene que ver con el incremento progresivo de los especialistas. De esta manera el proyecto se desarrolla de una manera secuencial

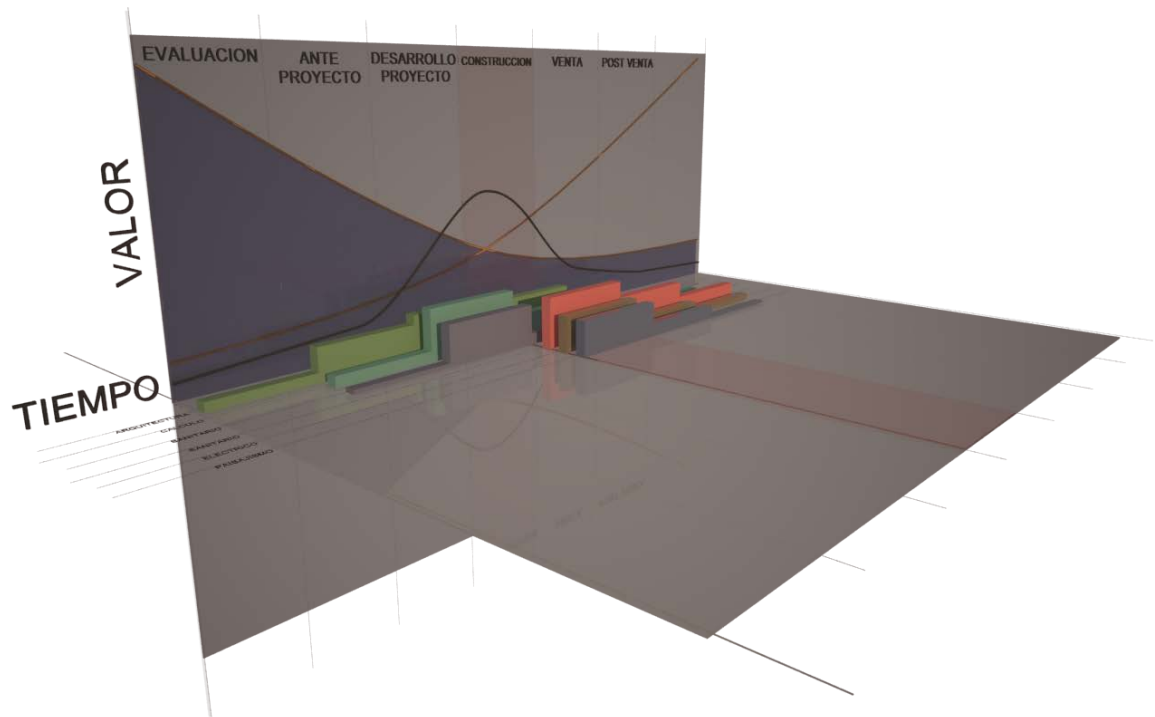


FIGURA 2.2 ESQUEMA INJERENCIA EN LOS COSTOS DEL PROYECTO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En desarrollo secuencial se tiende a traspasar la banda donde el cambio versus costo no tiene injerencia en el valor de evaluación del proyecto, por esto todos los cambios que se desarrollan durante estos ciclos aumentan los costos adicionales por el incremento en las modificaciones.

Esto se produce por el factor tiempo de desarrollo de los proyectos, al no estar suficientemente coordinados se producen estas incongruencias y por ende aumento en los costos del proyecto, ya sea por concepto de adicionales o por aumento de obra (Gastos Generales).

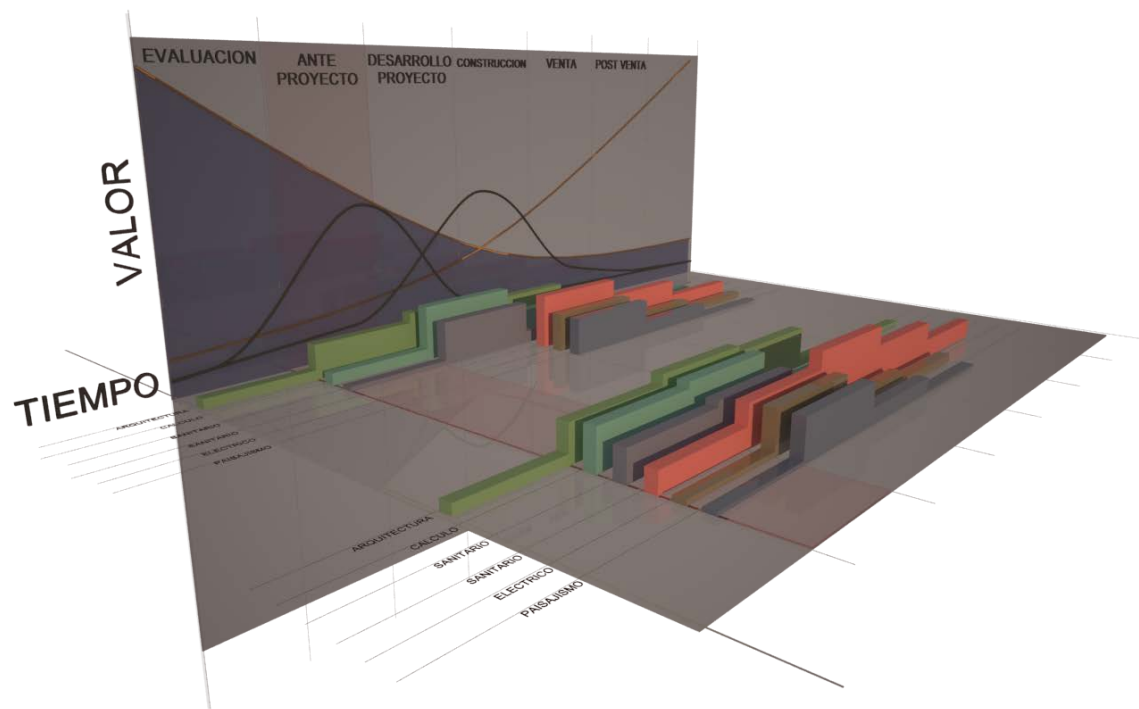


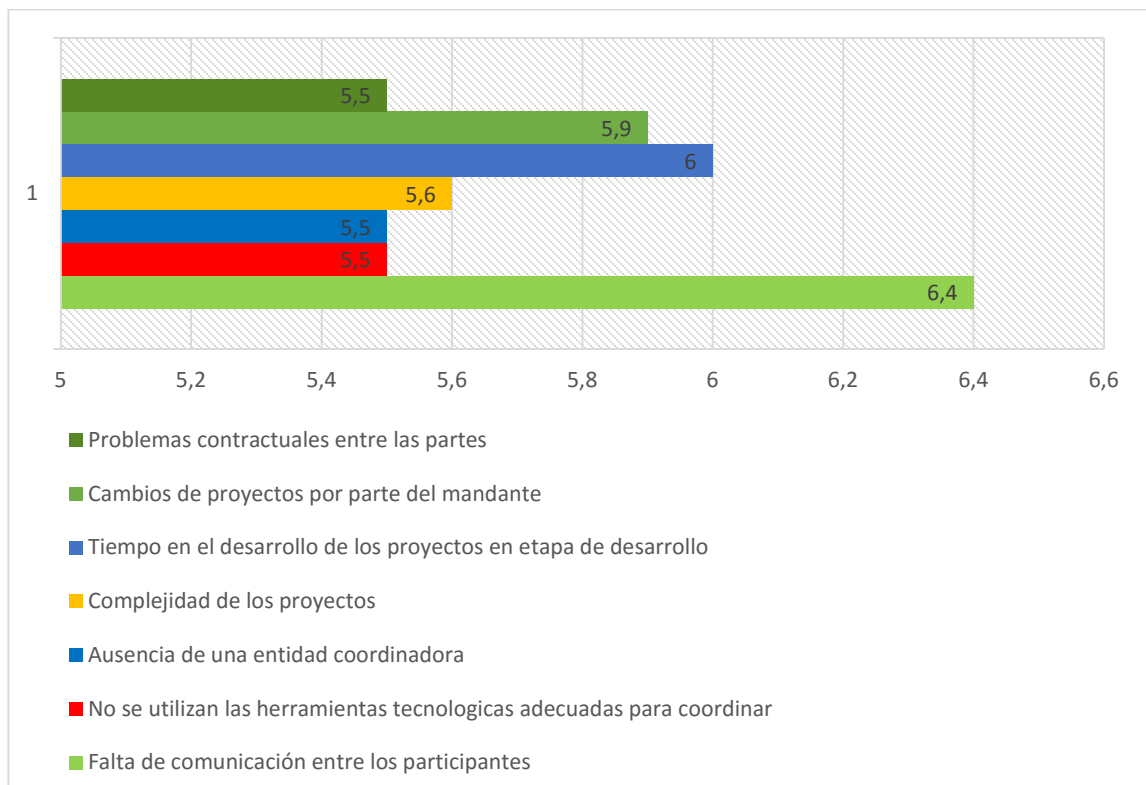
FIGURA 2.3 ESQUEMA ANTICIPACIÓN COSTOS  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el desarrollo paralelo de algunas especialidades se logra anticipar muchos de los problemas de coordinación, los cuales siendo detectados a tiempo no interferirán en el costo final del proyecto.

En el estudio realizado por la corporación de desarrollo tecnológico (CDT) de la cámara chilena de la construcción en el año 2010, evaluó la situación de la coordinación de proyectos y la utilización de BIM en la industria arrojando los siguientes resultados:

Se detectó que la falta de comunicación entre los participante, seguido al tiempo destinado para el desarrollo de los proyectos en etapa de desarrollo son las principales causas de la mala coordinación de proyectos.

Se identificaron los problemas y se les asigno una nota de 1 a 7, siendo las con nota 7 las que más afectaban a la coordinación de proyectos.



**GRAFICO 2.1 PRINCIPALES CAUSAS DE UNA MALA COORDINACIÓN DE PROYECTO**  
 FUENTE: DOCUMENTO RED INTERAMERICANA DE CENTROS DE INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (INCONET)  
 BUILDING FORMATION MODELING – BIM VERSION 1.5, PÁGINA 6

También se identificaron los principales problemas que ocurren en obra, identificándose los atrasos en la entrega de la obra, seguido de los aumentos en los costos finales de la obra por información faltante en cada proyecto.

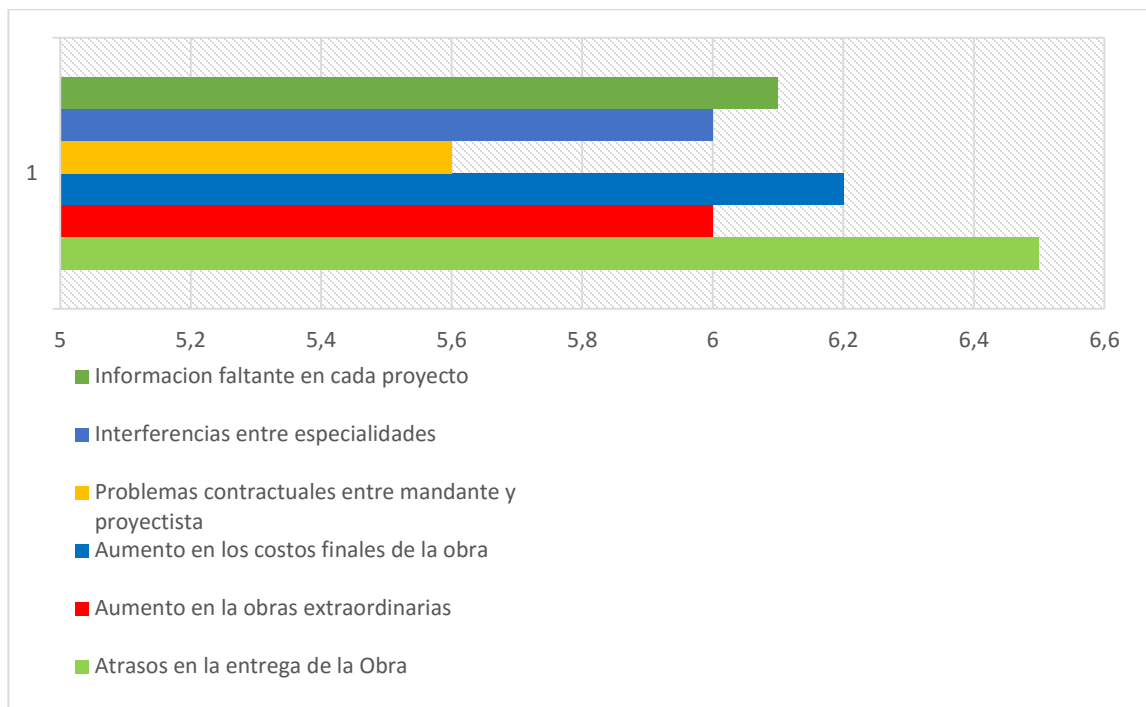


GRAFICO 2.2 PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS EN OBRA

FUENTE: DOCUMENTO RED INTERAMERICANA DE CENTROS DE INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN (INCONET)  
 BUILDING FORMATION MODELING – BIM VERSION 1.5, PÁGINA 6

Los resultados obtenidos de la mala coordinación de proyectos se originan debido a que no se encuentra un proyecto suficientemente definido, hay poca comunicación entre especialistas e insuficiente información para un análisis más detallado del proyecto.



Cabe mencionar que los problemas originados durante la obra pueden impactar directamente en el tiempo de ejecución y los costos de esta.

<b>Proyectos</b>	Mandante %	Constructora %	Coordinadoras %	Especialidades %	Promedio %
Arquitectura	20	26	29	25,7	25,2
Calculo	21,7	26,1	24,4	26,6	24,7
Sanitario	20	8	11	6,3	11,3
Electrico	15	17,3	1	12,1	11,4
Clima	11,7	4	13,3	4,6	8,4
Iluminacion	3,3	2,7	8	4,6	4,7
NS/NC	8,3	11,3	0	16,3	9,0
Otros(seguridad, incendio, etc)	0	4,6	13,3	3,8	5,4

TABLA 2.1 PROYECTOS DE ESPECIALIDAD QUE GENERAN MAYOR CANTIDAD DE RDI

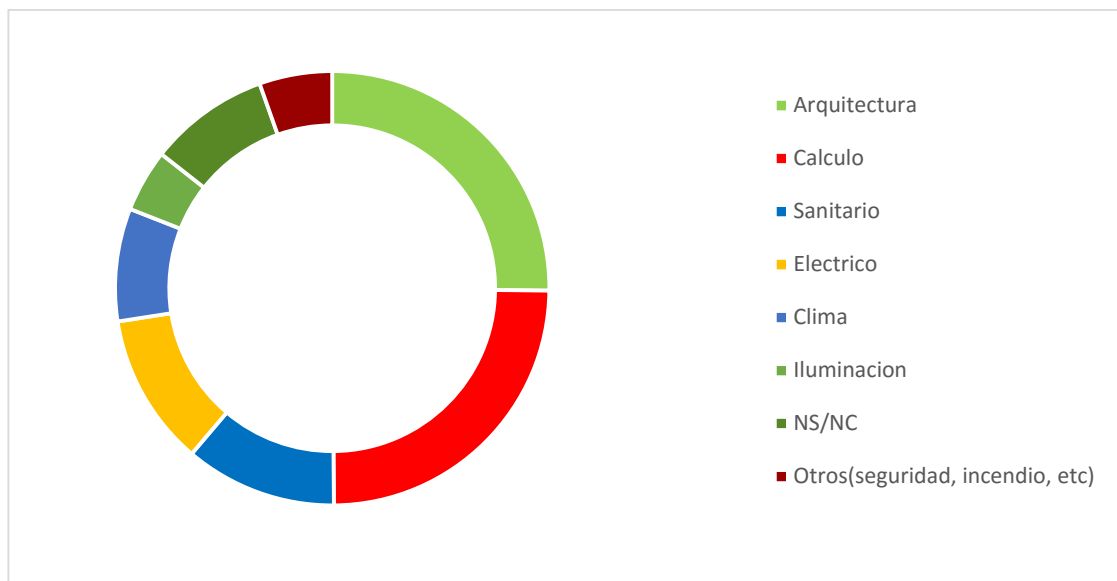


GRAFICO 2.3 PROYECTOS DE ESPECIALIDAD QUE GENERAN MAYOR CANTIDAD DE RDI  
FUENTE: TESIS HERNÁNDEZ (2011), PÁG. 19

## **2.2 Los Gestores Inmobiliarios o Mandantes**

Los dueños o mandantes son quienes conciben y determinan los objetivos de un proyecto de construcción, usualmente seleccionan y designan los sitios o terrenos donde deberá materializarse una obra, disponen de las características principales de los diseños, proveen o consiguen el financiamiento, son responsables de los permisos, administración de contratos, realizan el seguimiento de los costos, controlan el plazo y establecen los requerimientos de calidad. En definitiva son los dueños quienes contratan a empresas constructoras para que ejecuten un proyecto y administren los recursos necesarios (humanos, materiales y financieros) para materializar la obra. En general dependiendo de cuál sea el agente económico que financie la inversión en un proyecto de construcción, la obra sea pública (si es del estado) o privada (si son particulares). También existen obras concesionadas, en donde el estado entrega a privados el diseño, conservación y operación de un proyecto por un determinado periodo de tiempo.

La manera que tienen las inmobiliarias de conseguir terrenos puede ser de manera pasiva, ósea esperan a que corredores de propiedades o arquitectos les faciliten terrenos y cabidas de esta manera luego realizan las evaluaciones, o de manera activa, buscando casas y predios en los cuales exista algún interés de aumento de plusvalía y de esta manera poder asegurar el predio.

Las empresas inmobiliarias tienen una estructura de jerárquica de designación de cargos y responsabilidades, de esta manera damos cuenta que bajo el gerente de proyectos encontramos al coordinador de proyectos designado por la misma inmobiliaria, este cargo tiene por objeto llevar a cabo la coordinación de proyectos y buenas prácticas entre los especialistas, tener en cuenta las variables económicas y del entorno que rodean al proyecto.

## Diagrama empresa Inmobiliaria



FIGURA 2.4 DIAGRAMA FUNCIONAMIENTO DE UNA EMPRESA INMOBILIARIA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En este modelo de negocio recae toda la responsabilidad de la coordinación y flujo de información sobre arquitectura y la ITO, ya que es arquitectura quien tiene que dibujar y ajustar según los requerimientos enviados por los proyectistas, por lo ajustado de los plazos y complejidad de la superposición y entendimientos de las instalaciones en 3d se hace bastante lenta esta coordinación y actualización de planos.

## Constructora

Las empresas constructoras tienen una estructura jerárquica de designación de cargos y responsabilidades, de esta manera bajo el gerente de proyectos encontramos al visitador de Obras, bajo este último se encuentra el administrador de Obras cuyo cargo tiene por objeto llevar a cabo la materialización del proyecto de arquitectura, la coordinación, administración y ejecución de proyectos, de las buenas prácticas entre los especialistas, se encarga de revisar los estados de avance para generar los estados de pago para los subcontratistas y finalmente, este puesto tiene que ver con el poder de negociación con los contratistas y el precio de contratación de estos.

Para los contratos de suma alzada se realiza una propuesta, la cual consiste en la entrega de antecedentes planímetros con de especificaciones técnicas, una vez revisado se procede a realizar las consultas y respuestas donde se trata de dilucidar las incongruencias o falta de información de los proyectos, una vez realizado este proceso se realiza una evaluación económica o presupuesto de Obra.

**Contrato suma alzada:** Es aquel el que se conviene que el contratista hará la totalidad de una obra por una suma fija de dinero (generalmente propuesta por el luego de estudiar el proyecto y aceptada por el mandante), que le pagara el dueño. El máximo riesgo en este caso recae en el contratista. SU principal característica es que le dueño conoce desde el comienzo el costo total de la obra. (a menos que se realicen obras extraordinarias o modificaciones de proyecto). Se requiere que el proyecto esté totalmente definido para poder usar este tipo de contrato. (Solminihac, 2011)

Una vez adjudicada la obra se procede a generar un presupuesto real, con cuantías más ajustadas y con los planos de versión construcción, en este proceso los cambios o incongruencias las constructoras aprovechan y generan adicionales de Obra, los cuales suelen ser mucho más altos que los estipulados en el contrato inicial.

## Diagrama empresa Inmobiliaria



FIGURA 2.5 ESQUEMA FUNCIONAMIENTO EMPRESA CONSTRUCTORA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con esta estructura de trabajo se deja para el final la coordinación de proyectos, siendo este un tema realmente relevante a la hora de generar el avance de la Obra. Por otra parte la obra debe cubicar nuevamente el edificio para saber si los valores entregados en la propuesta corresponden a la realidad.

La estructura que se está adoptando en algunas constructoras es la siguiente:



FIGURA 2.6 ESQUEMA FUNCIONAMIENTO EMPRESA CONSTRUCTORA CON COORDINADOR BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Dentro de la línea inferior del administrador de obras se considera un coordinador de proyectos BIM el cual debe coordinar los proyectos, ubicar y generar documentación respecto al proyecto ya evaluado, por lo cual es una herramienta de ajuste a lo real, de este modelo van a salir todas las inconsistencias de proyecto las cuales se traducirán en adicionales de Obra. (OOEE)

Para el desarrollo de un proyecto inmobiliario se requiere un proyecto de Arquitectura, este consistirá en una representación espacial de una idea concebida representada de manera en que pueda ser ejecutada por otra persona, para ello se ocupan las herramientas de dibujo de planos CAD, en ella se desarrollan plantas, cortes, elevaciones y perspectivas. Además debe ser acompañado de las especificaciones Técnicas las cuales nos dan cuenta de una manera más específica de las partidas comprendidas en el proyecto.

Arquitectura en el desarrollo de este proyecto, tiene cumplir con toda una normativa legal que tiene que ver con la Ordenanza general de Urbanismo y Construcción como también las normativas legales específicas de cada municipio.

Se tiene que tomar en cuenta coeficientes de constructibilidad, ocupación de suelos, tipo de suelo, rasantes. Teniendo todas estas configuraciones se puede realizar un anteproyecto municipal.

Una vez realizada la entrega de la carpeta recepción definitiva a la municipalidad, la cual se debe cumplir con una cantidad de certificados, planos, EETT, etc. La municipalidad se demora aproximadamente 2 meses el generar el informe de recepción definitiva esto si el proyecto no tuviera observaciones.

Para los proyectos de edificación en altura se requiere de un cálculo estructural, esta es la propuesta y solución de la estructura que sostiene una edificación, es decir, analiza factores como las cargas y los esfuerzos que tendrá que soportar

el edificio, como movimientos del viento o el estado del terreno, ayudados del Estudio de Mecánica de Suelos.

Realizar este cálculo es parte fundamental y básica del proceso previo a la construcción, ya que garantiza una correcta ejecución y durabilidad de la obra. Los resultados que se proporcionan son: la cantidad, la resistencia y el tamaño del material preciso para llevar a cabo determinada estructura. Se grafican también las técnicas y detalles particulares de armado para integrarlo al Proyecto Ejecutivo.

## **2.2 La evolución de las tecnologías digitales en los procesos de diseño**

### **2.2.1 Las primeras representaciones arquitectónicas**

El gran desarrollo de las técnicas de dibujo se realizan en el renacimiento, en esta época no había una separación real entre el diseño y el proceso constructivo. Alberti, teórico de la arquitectura del renacimiento es uno de los impulsores en la separación del arquitecto y la obra, estableciendo que el corte, la planta y la elevación es el estatuto de lo que llamamos proyecto y rechazando tajantemente la perspectiva como medio válido de representación arquitectónica, calificándola como un instrumento del pintor que conduce al error siendo imitativa y engañosa.

Si bien la planta, el corte y la elevación es uno de los métodos de representación arquitectónica más antiguos es Palladio quien con sus “Cuatro Libros” los convierte en un principio universal, es también quien implementa el corte-elevación en sus proyectos.

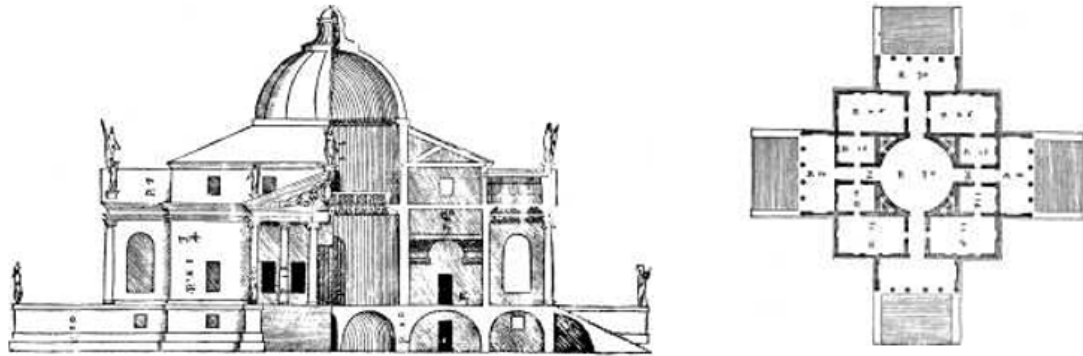


FIGURA 2.7 CORTE Y PLANTA DE LA VILLA CAPRA DE 1570 DISEÑADO POR ANDREA PALLADIO

Los ingenieros militares desarrollan en el siglo XVII el dibujo axonométrico, un sistema de representación gráfica, consistente en representar elementos geométricos o volúmenes en un plano, mediante proyección paralela o cilíndrica, referida a tres ejes ortogonales, de tal forma que conserven sus proporciones en cada una de las tres direcciones del espacio: alto, ancho y largo.

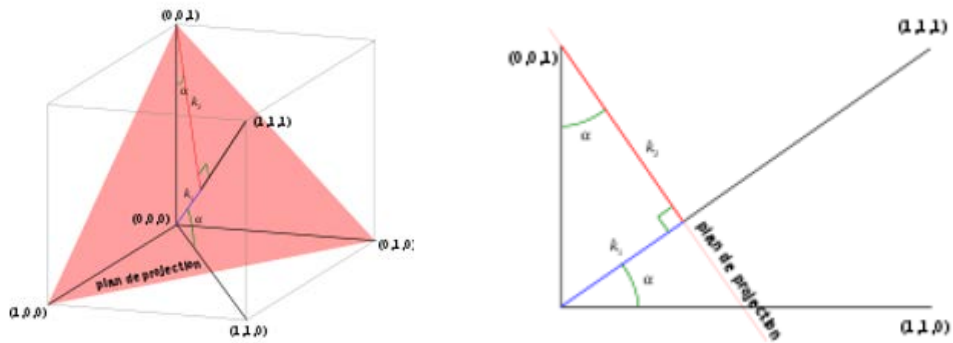


FIGURA 2.8 PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA: PROPORCIÓN DE LAS MEDIDAS.



*“La arquitectura ha desarrollado su propio lenguaje, mejor dicho, su propio método para componer sus partituras, el cual contempla: planta, elevación y corte. A eso se le agrega la escala y con eso se termina la cosa. Así habla arquitectura. Lo que cada uno en esa planta pudiera, quisiera o no quisiera experimentar, es absolutamente sin importancia en ese lenguaje”*

Rudolf Schwarz (Schwarz, 1951)

Actualmente la planta el corte y la elevación constituyen el patrón básico de la representación arquitectónica, a estas alturas computacionalmente asistidas. Hoy la profesión del arquitecto va variando con los nuevos procesos de información y desarrollo digital, no sólo permite desarrollarse en un área sino que adquiere una ventaja competitiva.

### **2.2.2 De CAD a BIM**

La sigla en inglés CAD guarda relación con dos definiciones:

- Computer Aided Design
- Computer Aided Drafting

Una combinación que buscaría utilizar los poderes creativos y analíticos del hombre y los poderes computacionales de la máquina, cada uno con la mayor economía y eficiencia.

Los programas CAD en sus inicios se limitaban a pequeñas aplicaciones centradas en el dibujo técnico en dos dimensiones que buscaban reemplazar los ya casi obsoletos tableros de dibujo, ofreciendo la posibilidad de reproducir y conservar los planos, lo que reduciría enormemente el tiempo dedicado a dibujar.

Dentro de las posibilidades que entrega hoy en día las herramientas CAD se encuentra el dibujo 2D y de modelado 3D.

Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica, básicamente nos permite generar plantas, cortes y elevaciones.

Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos, lo que ayuda a una mejor interpretación del modelo. Dentro de sus ventajas se encuentran que: se pueden simular condiciones de la vida real, es más barato que construir un modelo físico, se pueden utilizar para llevar a cabo el análisis de rendimiento de una construcción, se pueden utilizar directamente en la fabricación, pueden ser utilizados para presentaciones y comercialización.

Desde el punto de vista de la tecnología un sistema CAD es la visualización digital de información geométrica y no geométrica, siendo a su vez una combinación de hardware y software que permite el modelamiento, visualización y animación de artefactos.

Dentro de los programas CAD más populares encontramos los siguientes:

- CATIA
- AutoCAD
- ArchiCAD
- QCad
- GstarCAD
- Abis CAD
- ARRIS CAD
- Builders CAD
- Autosketch

Los programas CAD y los sistemas de información geográfica no son otra cosa que bases de datos espaciales. La base de dato es el centro de esta tecnología que permite hacer seguimiento y asociaciones de todos los elementos e información que uno requiere para desarrollar un proyecto. Desde hace una década se ha ido implementando gradualmente un sistema más completo y más complejo de información, la tecnología BIM, la cual es un paso evolutivo natural, ya que desde un comienzo existieron las bases de datos, pero en gran parte sólo cumplían la función de contar elementos geométricos y claramente hay proyectos donde los planos dejan de ser relevantes, ya que no son capaces de demostrar y expresar la morfología y estructura de estos. Por lo tanto hoy en día contamos con una tecnología que nos permite desarrollar los proyectos con toda la información necesaria, que nos entrega una completa información tanto del edificio (metros cúbicos de hormigón, kilos de fierro, comportamiento estructural, etc), así como también requerimientos asociados a la construcción de este (mano de obra requerida, especializaciones, costos asociados, etc). Las tecnologías BIM nacen como una nueva herramienta que es capaz de reflejar virtualmente una realidad física la cual a la vez puede ser cuantificada y analizada. El gran paradigma de lo digital es que devuelve el control de lo que llamamos la construcción, existe una relación directa entre lo que diseñamos y las unidades que construimos.

## Sistemas CAD

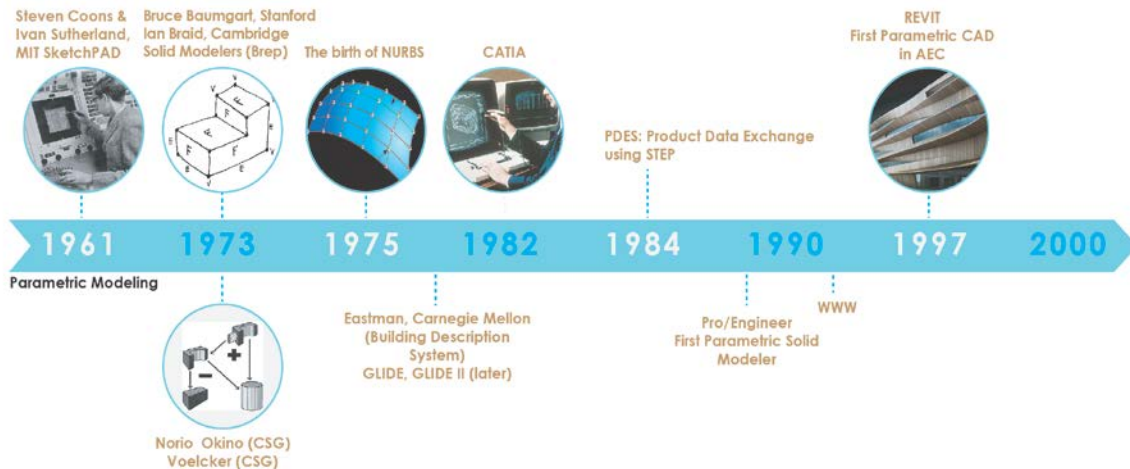


FIGURA 2.9 LÍNEA DE TIEMPO DE LOS SISTEMAS CAD

En la actualidad los sistemas CAD y BIM se complementan de tal forma que ya desde la fase de diseño se puede saber el coste del producto final, controlar los stocks de componentes y materiales para su fabricación y, en fin, todo lo que uno pueda imaginar. Hemos pasado de tener una representación de un plano en pantalla a tener un modelo virtual del que podemos obtener datos, montarlo en otros modelos, adaptarlo y construirlo.

### 2.3 La tecnología BIM

Varias publicaciones adjudican los orígenes del BIM como concepto al profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, quien se encarga de difundir el concepto de modelo de información de edificación, como un sinónimo de BIM, a inicios de los setenta en numerosos libros y artículos académicos. Sin embargo es Jerry Laiserin quien populariza el término común para la representación digital de los procesos de construcción.

La empresa húngara Graphisoft, es la pionera en implementar este concepto bajo el nombre de Virtual Building (Edificio Virtual) en 1987 utilizando el programa ArchiCAD, reconocido como el primer software de CAD para computadora personal capaz de crear tanto dibujos en 2D como 3D. Desde el año 2002 Autodesk comienza a utilizar el concepto BIM cuando compra la compañía texana Revit Technology Corporation por 133 millones de dólares.

La sigla BIM deriva del inglés Building Information Modeling, lo que se traduce al español como modelado de información del edificio.

La asociación BuildingSMART define la tecnología BIM como una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, cuyo principal objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. Se plantea el BIM como la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

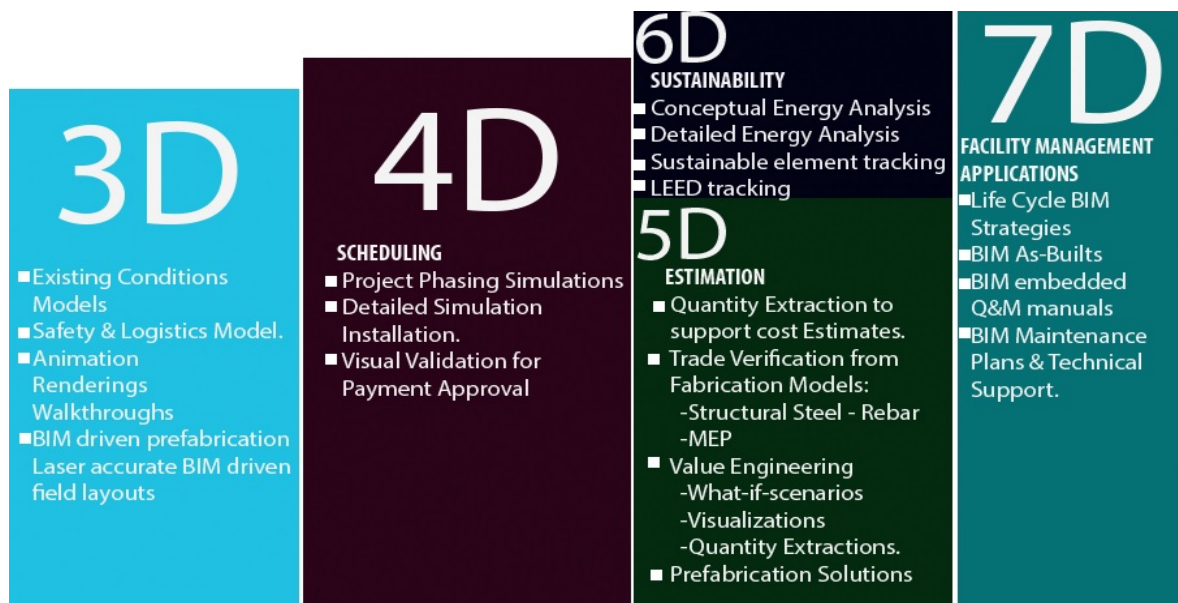


FIGURA 2.10 ALCANCES DEL BIM  
FUENTE: WWW. BIMPORN 2013

BIM va mucho más allá de un modelo detallado de un edificio 3D, dentro de su proceso busca generar la coordinación y colaboración entre los especialistas involucrados en cada proyecto, detectar conflictos y mitigar el riesgo, una elaboración más rápida y sin pérdida de costo y calidad, optimizar las herramientas y recursos, elevar los niveles de detalle y una fácil mantención en el ciclo de vida del edificio. En términos generales abarca el proceso de diseño de un edificio y también se encarga de la generación y gestión de datos durante el ciclo de vida de una edificación, permitiendo alcanzar nuevos niveles en la reducción de costos, tiempos de ejecución y aumento de la calidad.

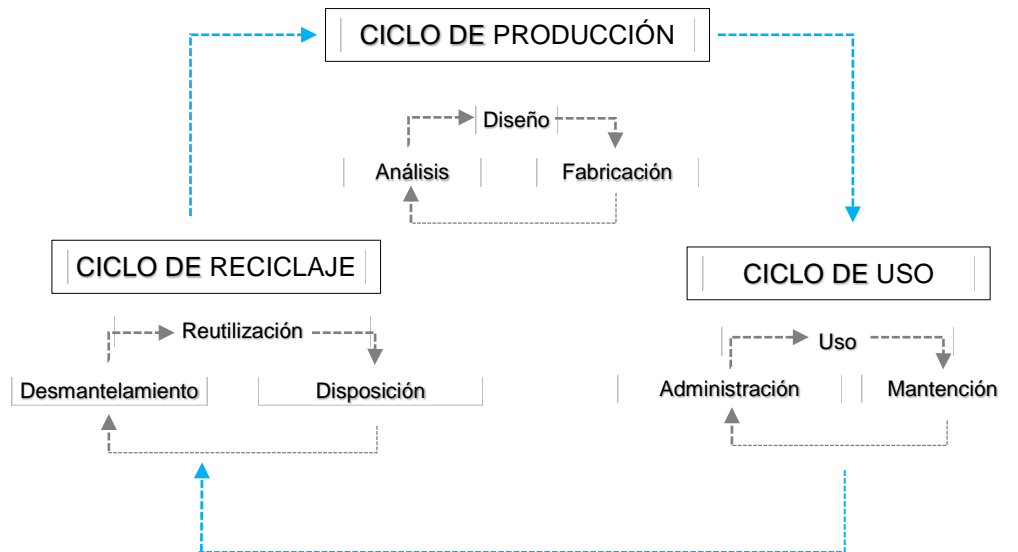


FIGURA 2.11 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

Al centrarnos en el retorno de inversión que trae como beneficio la implementación del BIM las cifras son impresionantes, el estudio *BIM Strategy Paper* (UK Government Cabinet Office, 2011), revela los siguientes resultados:

- 20% de reducción en el costo de construcción.
- 33 % de reducción de costos durante la vida útil del edificio
- 47% al 65% de reducción en los conflictos y trabajos vueltos a hacer durante la construcción.
- 44% al 59% de aumento en la calidad general del proyecto.
- 35% a la reducción de 43 % en el riesgo, mejor previsibilidad de los resultados.
- 34% a 40% mejoramiento en el comportamiento de la infraestructura completa.
- 32% a 38% mejoramiento en la revisión y aprobación de ciclos.

En los diferentes países el nivel de implantación de BIM es desigual, siendo Estados Unidos, Australia y los países del norte de Europa aquellos donde hay establecidas estrategias nacionales de implantación de BIM.



FIGURA 2.12 IMPLANTACIÓN BIM EN EL MUNDO  
FUENTE: WWW.SEMCO.COM

En el mundo el BIM forma parte del presente, no del futuro. Países como Noruega, Suecia, Dinamarca y Finlandia ya exigen el uso de BIM en todos sus proyectos que se van a construir, mientras se siguen sumando países como Inglaterra donde se exigirá desde el 2016. En el continente americano Brasil le sigue los pasos a Estados Unidos llevando la delantera en la impulsión de las tecnologías BIM.

El BIM se vuelve tan atractivo debido a que las modificaciones requieren de menor esfuerzo y tiempo, al hacer una modificación estas inmediatamente se realiza en todas las vistas del proyecto (plantas, cortes, elevaciones, detalles, especificaciones técnicas, cubicaciones, etc.), se reducen considerablemente errores y omisiones en la documentación, se reduce la duración del proyecto dedicándole mayor tiempo a la etapa de diseño, en obra prácticamente se eliminan los RDI.

Para poder competir en mejores condiciones tenemos que disminuir el riesgo y una forma de disminuir el riesgo es trabajar con proyectos más completos en donde tengamos menos necesidades de hacer cambios a la mitad del proceso, ya que esto va a incidir en muchos factores, ya sea desde la tasa de descuento, los imprevistos e incluso los servicios de post venta. Entonces el desafío es crear una mayor fortaleza en la etapa de desarrollo de proyecto y hoy la mejor tecnología para esto es el BIM, ya que así lo demuestra la industria y los distintos informes técnicos, esta tecnología ya ha ido madurando y los países que no se han sumado deben sumarse a los que ya se iniciaron y de donde se tiene evidencia que les ha influido en mejores resultados. Es un proceso experimentado y validado en los países más desarrollados.



*“Las revoluciones ocurren cuando los medios tradicionales de operación dejan de ser efectivos. La cultura tradicional se vuelve inestable y aparecen nuevos modos de práctica para resolver esta inestabilidad.*

*Algunas organizaciones sociales sobrevivirán y serán exitosas, mientras tanto otras no podrán adaptarse y simplemente desaparecerán. Las revoluciones son tiempos de creatividad”*

(Eastman, 2008)

## **2.4 La tecnología BIM en Chile**

El uso de BIM se está extendiendo en el mundo, en Chile está en pleno proceso de implementación a nivel estatal como privado, motivadas por aumentar su competitividad y eficiencia.

El tema del desarrollo en proyectos en sistema BIM ha llegado al gobierno, el día 4 de diciembre del 2015 la presidenta de Chile en un discurso en ICARE, abordó el tema de la productividad señalando que Chile necesita que sea “inteligente, equitativa y sustentable”

“Con el Programa Estratégico de Productividad y Sustentabilidad en la Construcción, estamos siguiendo la experiencia del Gobierno Británico, con la introducción de modelos digitales avanzados, que permiten la integración de la gestión de proyectos en sus distintos niveles y etapas, también conocido como BIM, Building Information Modeling. En Inglaterra, con la aplicación de este modelo la productividad del sector aumentó en un 20%.

Los ministerios constructores de infraestructura, el MOP, el MINVU, el MINSAL, Justicia, entre otros, incorporarán este modelo de clase mundial para mejorar sus procesos y prácticas. A partir de enero próximo promoveremos que los proyectos públicos se hagan con este sistema. Por el encadenamiento de estos sectores con la empresa privada, estamos seguros que esta iniciativa tendrá un efecto demostración importante.

Di dos ejemplos, pero al igual que estos ejemplos de promoción de una industrialización inteligente –que algunos le han llamado “Industria 4.0”- iremos materializando otros Programas Estratégicos en Minería, Acuicultura, Alimentos Saludables, Turismo y Logística.”(Michelle Bachelet)

La Encuesta Nacional BIM 2013 (Departamento de arquitectura, Universidad de Chile, 2013) entrega importante información sobre el estado actual del uso de las tecnologías BIM en Chile, en la cual se revela lo siguiente:

#### **2.4.1 Niveles de adopción**

Un 23% de los encuestados declararon ser usuarios regulares de BIM, es decir que han usado la tecnología en varios o en la mayoría de sus proyectos en los últimos 12 meses. Un 14% del total se declaran como usuarios iniciales, es decir que han usado BIM sólo en un par de proyectos, un 2% son usuarios externos, habiendo usado BIM sólo a través de una empresa externa de modelación o coordinación BIM.

- 23% Usuario regular
- 14% Usuario inicial
- 2 % Usuario externo
- 61% No usuario

La tasa actual del uso de la tecnología BIM sobrepasó el nivel crítico en el cual todavía se puede hablar de innovadores o aventureros, BIM es hoy una tecnología en expansión.

#### **2.4.2 Herramientas BIM usadas**

Las herramientas de Autodesk Revit y Navisworks son las dominantes en el mercado, con un 77% y 40% de uso entre los usuarios regulares. En usuarios iniciales, la penetración de Revit es aún mayor (87%) y ArchiCAD y Bentley Architecture muestran resultados similares a los niveles de usuarios regulares, con un 28% y 1% versus 31% y 3%, respectivamente. Los principales usuarios de ArchiCAD son arquitectos (79%), seguido de coordinadores BIM (10%). Los

usuarios de Revit se distribuyen entre arquitectos (44%), coordinadores BIM (27%) y constructores (14%). Para el caso de Navisworks, la mayoría de sus usuarios son coordinadores BIM (46%), seguido por arquitectos (21%) y constructores (19%).

- 77% Autodesk Revit
- 40% Autodesk Naviswork
- 31% Graphisoft ArchiCAD
- 5 % Tekla Structures
- 11% Otros

### **2.4.3 Tipos de proyectos**

El uso de BIM abarca todo tipo de proyectos, sin que un tipo específico destaque considerablemente por sobre los demás. Entre los proyectos más frecuentes están los edificios de oficinas (49%) y los residenciales en altura (42%). En el extremo opuesto, se encuentran los conjuntos residenciales en extensión (23%). Otros tipos de proyectos frecuentemente mencionados incluyen edificios educacionales, hoteles y equipamiento cultural. Es significativo que entre los usuarios iniciales, los proyectos más frecuentes (35%) son aquellos menores a 250 m<sup>2</sup>, en cualquier uso, tratándose probablemente de proyectos piloto de uso. La coordinación BIM es usualmente requerida para proyectos de oficinas (20%), hospitalarios (18%) y comerciales (17%).

- 49% Oficinas
- 42% Residencial en altura
- 41% Menores a 250 m<sup>2</sup>
- 39% Comerciales y Retail
- 32% Industriales
- 31% Hospitalarios y Salud
- 23% Residencial en extensión
- 21% Otros

#### **2.4.4 Beneficios**

El principal beneficio observado por los usuarios regulares de BIM es la mejora de calidad del proyecto final, con un 87% de usuarios que declara beneficios altos o muy altos. Muy de cerca se encuentran los beneficios relacionados al desarrollo de documentación de construcción (reducción de errores en los documentos de construcción 87%, reducción de tiempo de desarrollo y coordinación 81%) y su posterior impacto en la obra (reducción de conflictos de construcción 78%). En lo relativo a reducción de costos y tiempos de construcción (45% y 43% respectivamente), así como los relativos a dividendos económicos directos (aumento de honorarios profesionales 41% y aumento de margen de ganancia 42%). Sin embargo, existen diferencias significativas en los beneficios percibidos en honorarios profesionales según disciplina. Los ingenieros manifiestan ser los más beneficiados, con un 59% de usuarios con aumentos de honorarios altos o muy altos. En contraste, sólo un 20% de los constructores señala beneficios altos o muy altos y un 60% de ellos declara aumentos bajos o muy bajos. Es importante precisar que esto corresponde a la percepción personal de beneficio (respecto a sus propias expectativas) y no una medición efectiva del aumento real de honorarios.

#### **2.4.5 Costos de implementación**

De acuerdo a los usuarios regulares de BIM, los principales costos de la implementación de la tecnología son los asociados al software y hardware requerido (75% y 74% respectivamente), y luego, al trabajo adicional necesario que surge debido a que otras partes en un proyecto no usan BIM (58%). Más atrás, se encuentran los costos asociados a aprendizaje (tiempo aprendizaje informal 47%, tiempo capacitación formal 46%, costos cursos capacitación 41%)

- 75% Costo de licencias (software)
- 74% Costo de equipos (hardware)
- 58% Trabajo extra, otras partes no usan BIM
- 47% Tiempo para aprendizaje ensayo-error
- 46% Tiempo para capacitación formal
- 41% Costo de cursos de capacitación
- 26% Costo de marketing de BIM

La mayoría de los encuestados, tanto usuarios (61%) como no usuarios (69%) coinciden en su acuerdo respecto a que “los mandantes no están dispuestos a pagar BIM”. Es importante precisar que se trata de una percepción, que no da cuenta real de la situación del mercado respecto al precio de demanda o de los costos reales de la tecnología.

## **2.5 La coordinación BIM**

La coordinación BIM corresponde a una metodología de trabajo que modela tridimensional e integra todas las disciplinas que intervienen en un proyecto. La interacción de estas distintas disciplinas de construcción en un mismo proyecto genera un entorno espacial complejo de visualizar y dónde se producen en general la mayoría de los costos extras de una obra ya que los especialistas y contratistas no tuvieron una visión global del todo.

La coordinación BIM busca hacer partícipe al equipo completo de la realidad espacial del proyecto y de sus instalaciones. Para lograr esto es importante implementar metodologías de trabajo, estableciendo ciertos criterios definidos a continuación.

### 2.5.1 Coordinación durante el proyecto

En la etapa de diseño y construcción de un edificio es común encontrarnos con los siguientes 4 escenarios probables:

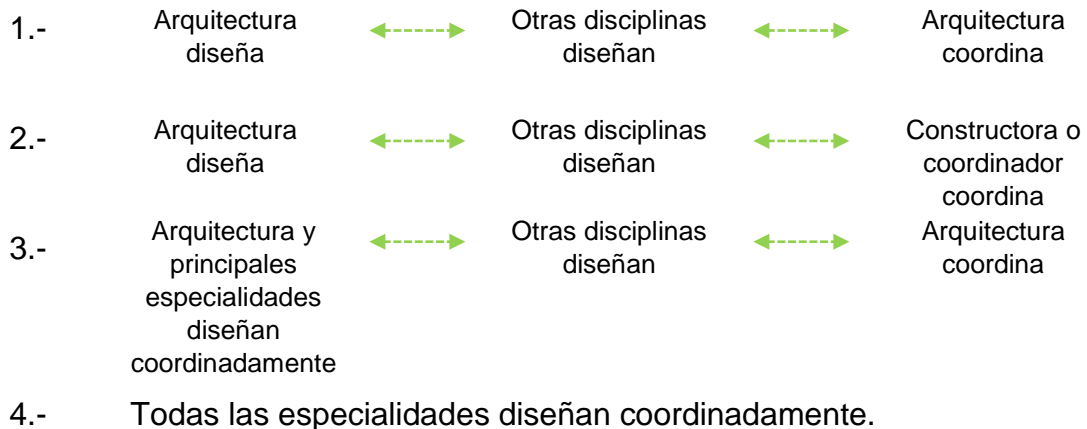


FIGURA 2. 13 ETAPA DE DISEÑO DE UN EDIFICIO

El escenario ideal sería que todos los proyectistas diseñasen en 3D o BIM, el problema nace cuando esto no sucede ya que coordinar se torna más complejo, se pierde más tiempo y se aumentan los costos.

### 2.5.2 Integración de modelos

Método en el que se juntan en un modelo 3d todas las disciplinas de un proyecto con el objetivo de resolver errores y conflictos. Sin coordinación BIM nos encontraremos con un “modelo distribuido”, donde cada especialidad maneja su modelo y se cruzan sin necesariamente un orden preestablecido entre ellas. Al coordinar en BIM todos los modelos obtendremos un modelo centralizado con el cual trabajan todas las disciplinas.

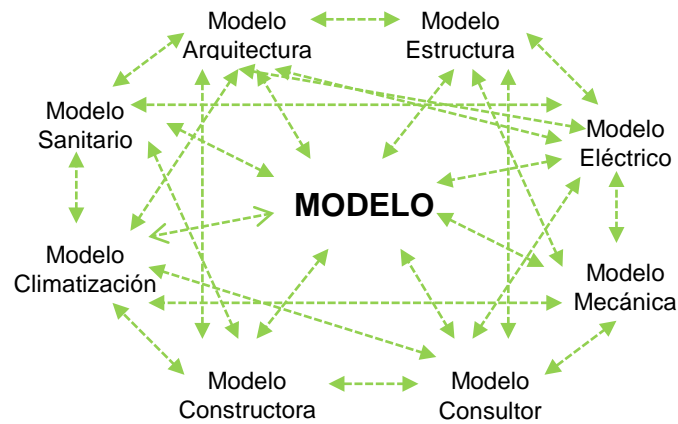


FIGURA 2.14 MODELO DISTRIBUIDO

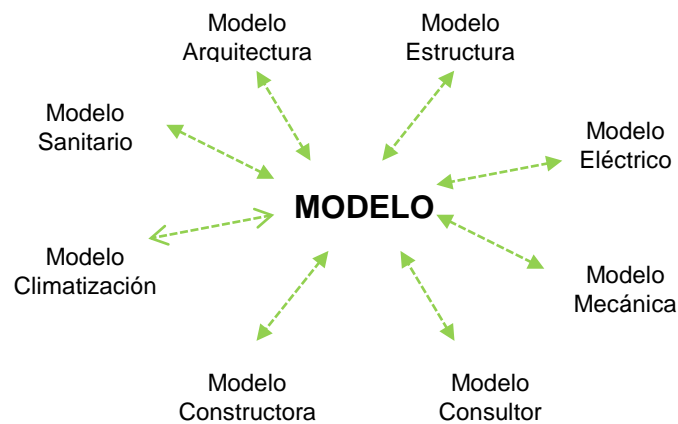


FIGURA 2.15 MODELO CENTRALIZADO

La integración de modelos se puede desarrollar a través de archivos vinculados o de un servidor. Los archivos vinculados consisten en modelos parciales que se vinculan y se van reflejando los cambios a medida que los modelos se actualizan, este método incluye varios software. Al trabajar a través de un servidor se trabaja con un modelo central y se generan copias locales, la ventaja es que todos ven el modelo completo y actualizado, los cambios se reflejan a medida que las copias locales se sincronizan y se trabaja con un software único.



### 2.5.3 Etapas en las que se usa BIM

**Desde el inicio del proyecto:** con el fin de obtener el volumen teórico y el estudio de cabida de un proyecto de forma rápida. Datos costo por superficie vs rentabilidad se pueden incorporar al modelo y revisar como los cambios afectan al análisis.

**Durante el proyecto:** al realizar los proyectos directamente de BIM la planimetría es consistente desde un principio y permite coordinar a las especialidades entre sí, sumado a ello se pueden extraer las cubicaciones.

**En obra:** cuando se comienza o antes de comenzar la obra se realiza un modelo para analizar los errores y gestionar soluciones con tiempo. También se pueden obtener cubicaciones y simulaciones en 4D de la obra.

### 2.5.4 Flujos de trabajo

Es importante definir los pasos a seguir realizando un diagrama de flujos de trabajo que definan las etapas y actividades del proceso de coordinación, identificando a los actores involucrados en cada una de esas etapas y a la vez estableciendo cuales son los alcances y el rol que cumple cada uno de ellos frente a distintos escenarios. También es recomendable definir grupos de trabajo, por especialidad o sector, para realizar análisis parciales de los modelos por etapa, de tal forma que se facilite las respuestas y seguimientos de los conflictos.

### **2.5.5 Reunión de coordinación**

El objetivo de realizar reuniones de coordinación es principalmente detectar los conflictos y resolverlos para luego aprobar los modelos y planos coordinados. Es importante considerar que las reuniones sean lo suficientemente adelantadas para evitar costos adicionales sin perder el cuidado en la falta de interés producto de lo adelantado. Debe existir la infraestructura necesaria para facilitar la revisión de conflictos y la participación de los actores involucrados, quienes deben demostrar sus competencias e interés. También es recomendable realizar una preparación del modelo para la reunión (vistas, anotaciones, alternativas, información adicional, reportes de conflictos, etc.).

### **2.5.6 Actualizaciones del modelo**

Planificar cómo se manejarán las actualizaciones del modelo:

- Cambios menores realizados durante la coordinación.
- Cambios mayores producidos por la coordinación.
- Cambios producidos por elementos externos a la coordinación (mandante, organismos reguladores, etc.)

Evaluar relevancia de que el modelo esté actualizado (impacto en el proceso de coordinación, otros usos del modelo, etc.)

### **2.5.7 Buenas prácticas para la coordinación BIM**

- Participación de proyectistas y ejecutores.
- Velocidad de retroalimentación y actualización.
- Interoperabilidad y manejo de versiones de modelos.

- Establecer explícitamente alcances.
- Definición de procesos de trabajo (actores, roles, tiempos, flujos, etc.)
- Involucramiento de modeladores en terreno.
- Proceso de validación de coordinación (planos del modelo versus actualización de planos de especialidad).

### **2.5.8 Implementación BIM en una empresa**

En el marco del Programa de Difusión Tecnológica (PDT) “Implementación y Difusión de la Tecnología BIM en Chile”, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) realizó una serie de actividades de consultoría donde se expone las formas de generar el cambio hacia la coordinación BIM, de allí se puede extraer lo siguiente:

- Lo primero es conseguir un compromiso real de la administración superior, que la idea nazca de la gerencia general como parte de la estrategia corporativa.
- Luego es importante realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, de sus necesidades, dejando esclarecido de donde nace la decisión de implementar esta plataforma, definiendo los beneficios esperados, como por ejemplo mejoramiento de la productividad, disminución de los errores, generar reportes automáticos, mejor coordinación con otras especialidades, etc.
- Precisar el personal que se necesita para esta tarea, definiendo líderes, haciendo capacitaciones y creando un ambiente laboral que esté dispuesto a adaptarse al cambio.

- Definir Hardware y Software que se utilizará, es necesario considerar un servidor, los computadores que se necesitarán y la compra de licencias de los softwares a utilizar.
- Educar a la empresa frente a esta nueva tecnología, hacerlos partícipe de eventos, foros, blogs. Capacitar al personal en el uso de los softwares y en el concepto de trabajo integrado.
- Educar al cliente frente a esta nueva tecnología, haciéndole ver lo beneficioso de esta metodología de trabajo, el nivel de detalle que se puede lograr y las utilidades que trae consigo.
- En una primera etapa planificar una implementación interna, con el fin de desarrollar las capacidades y maduración del proceso.
- Luego planificar una implementación integrada, la cual debe ser evaluada y mejorada continuamente.

### **CAPITULO 3. MARCO TEORICO**

Hoy en día un proyecto inmobiliario puede gestarse de varias maneras, una de ellas es que las oficinas de arquitectura se han convertido en gestores de proyectos, a través de corredores de propiedades buscan terrenos, en estos generan cabidas de acuerdo a la normativa municipal, para luego ser ofrecidas a inmobiliarias. Otra alternativa es que la inmobiliaria busque terrenos o casas en sectores de interés para el desarrollo de un proyecto y trate de ofertar por los terrenos, luego arma un superficie la cual le sirva como para generar el desarrollo inmobiliario, este sistema también se le denomina “pinchar un terreno” que quiere decir que en una manzana una inmobiliaria tiene ya un terreno adjudicado y con eso tiene el poder de negociación sobre el resto de los terrenos si otra inmobiliaria quisiera el terreno.

Para la compra de terreno se generan contratos de ventas los cuales dejan sujeta la compra del terreno al ingreso y aprobación de un anteproyecto municipal, de esta manera las inmobiliarias se protegen a la hora de adquirir el inmueble.

Una vez con el terreno para el análisis el tiempo requerido para el desarrollo de un anteproyecto municipal para un edificio de oficinas es de 20.000 m<sup>2</sup> es de aproximadamente 4 a 5 semanas. Hecho el ingreso municipal y contando con toda la documentación requerida la municipal tiene un plazo de 30 días para realizar sus observaciones o 15 días si viniera acompañado de un informe favorable de un revisor independiente. Si el proyecto tuviera observaciones su reingreso aplicaran los mismos plazos.

Luego para el desarrollo de los planos de detalle y especificaciones técnicas más ajustadas a lo requerido, coordinación con el resto de proyectos de especialidades y la entrega para versión licitación (con esta versión se realiza la evaluación del costos de construcción) esto demora aproximadamente 24

semanas, para luego tener un periodo de construcción de 18 meses para la recepción definitiva del inmueble, cabe mencionar que durante el desarrollo de la obra van sucediendo cambios propuestos por cambio de especificaciones, cambios del mandante o cambios propios de la construcción, con esto se pueden desarrollar modificaciones de proyecto que deben ser actualizadas en el municipio respectivo.

Para la recepción final del edificio se requiere contar con una cantidad de certificados de especialistas, documentos y planos los que aparecen detallados en la tabla 1. Certificados y documentos requeridos para recepción final de un edificio.

## **PROGRAMA DE CERTIFICADOS**

**PROYECTO**  
**CONTRATISTA**  
**FECHA SEGUIMIENTO**  
**FECHA ACTUALIZACION**

EDIFICIO  
EMPRESA CONSTRUCTORA

<b>DOCUMENTOS NECESARIOS</b>		<b>Gestiona</b>
1	Solicitud de Recepción Definitiva de Obras de Edificación (con monto a pagar).	Arquitectura
2	Copia de la Resolución de Permiso de Edificación.	Inmobiliaria
3	Reducción a Escritura Pública del Permiso de Edificación.	Inmobiliaria
4	Copia de la Resolución de Modificación de Permiso de Edificación o CAMBIO DE PLANOS	Inmobiliaria
5	Reducción a Escritura Pública de Modificación del Permiso de Edificación	Inmobiliaria
6	Resolución de Fusión/Subdivisión (simultanea) inscrita en el Conservador de Bienes Raíces	Inmobiliaria
7	Plano Fusión/Subdivisión (simultanea) de Lotes inscrito en el Conservador de Bienes Raíces.	Arquitectura
8	Autorización para enajenar el lote A (**).	Inmobiliaria
9	Patente de Arquitecto y Constructor al día (otros profesionales involucrados).	Profesionales
10	Informe del Arquitecto por las obras ejecutadas conforme a Permiso de Edificación y sus modificaciones.	Arquitectura
11	Informe del constructor por las Medidas de Gestión y Control de Calidad adoptadas en la obra (*).	Constructora
12	Libro de Obras (para Permisos de Edificación Emitidos a Contar del 12-03-97).	Constructora
13	Personería	Inmobiliaria

CERTIFICADOS		
1	Visita revisor independiente. Ley 20016/05	Arquitectura
1.1	Informe Revisor Independiente	Arquitectura
2	Certificado de Numero de Rol y Avalúo.	Inmobiliaria
3	Declaración de Calculista por Etapas de la Estructura.	Ito
4	Certificado de Instalaciones de Agua Potable.	Constructora
5	Certificado de Instalaciones de Alcantarillado.	Constructora
6	Certificado de baliza de señalización nocturna (DASA).	Inmobiliaria
7	Certificado de Bomberos - Plan de evacuación	Inmobiliaria
8	Certificado de Estado de Urbanización para Recepción Final.	Inmobiliaria
9	Certificado de Instalación De Ascensores.	Constructora
10	Certificado de Instalación Fuerza Ascensores.	Constructora
11	Planos de Instalación de Ascensores.	Constructora
13	Certificado de Laboratorio de Incombustibilidad de Elementos F-120.	Constructora
14	Certificado del Sistema de Extinción, Detección y Alarma.	Constructora
15	Certificado de Resistencia de los Cristales del Muro Cortina.	Constructora
16	Certificado Electromecánico (Ingeniero Mecánico Independiente).	Constructora
17	Certificado Estado de Pavimentos Exteriores (SERVIU).	Constructora
18	Certificado Instalador de Basuras (SEREMI).	Constructora
19	Certificado de Baños Mediterráneos.	Constructora
20	Certificado Extracción e Inyección de Aire Subterráneo.	Constructora
21	Certificado de Proyecto de Señalética y Demarcación / Dirección de Tránsito (**).	Constructora
23	Ensayos de Hormigones, emitidos por un Laboratorio Especializado.	Constructora
24	Declaración del Calculista por Resultado Ensayo de Hormigones.	ITO
25	Declaración, según Facsímil Adjunto, por Puertas Zona Vertical de Seguridad y Copia Certificado de Ensayo de Laboratorio correspondiente.	Constructora
26	Declaración, según Facsímil Adjunto, por Tabiques Zona Vertical de Seguridad y Copia de Certificados de Ensayo de Laboratorio Correspondiente, a contar de los Permisos otorgados desde el 15-03-2006, deben F-120.	Constructora
28	Declaración Notarial Jurada del Instalador Sistema Presurización.	Constructora
29	Declaración Notarial Instalador Sistema de Iluminación De Emergencia.	Constructora
33	Declaración Jurada Instalador Red Impulsión Aguas Servidas.	Constructora
34	Declaración Jurada Instalador Red Elevación Agua Potable.	Constructora
35	Declaración Jurada Instalador Grupo Electrógeno.	Constructora
36	Declaración Jurada del Instalador de la Red Inerte de Incendio.	Constructora
37	Declaración de Instalación Eléctrica Interior (Sec. Anexo T E 1).	Constructora
38	Implementación del Plan de Espacios públicos diseñado por la DOM (**).	Arquitectura - Inmobiliaria
39	Informe de Arborización Proyecto de Paisajismo Interior / Depto. Aseo y Ornato (**).	Arquitectura
40	Entrega de Carpeta con Documentos a ITO	Constructora
41	Informe del ITO.	ITO
42	Termino de Construcción (Apto Para Revisión Municipal).	Arquitectura
43	Revisión de Inspector Municipal.	Municipalidad

TABLA 1 CERTIFICADOS Y DOCUMENTOS REQUERIDOS PARA RECEPCIÓN FINAL DE UN EDIFICIO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **3.1 Etapas de un proyecto Inmobiliario**

Para que exista un proyecto inmobiliario deben darse las siguientes características:

#### **3.1.1 Existencia de una necesidad**

Para que se geste un proyecto debe existir alguna necesidad insatisfecha, por ejemplo, una urbanización con viviendas sociales, un puente para unir dos poblados aislados, una torre de oficinas, etc.

#### **3.1.2 Factibilidad del proyecto**

Para ver si el proyecto es viable, se deben realizar estudios los cuales consisten en determinar si es factible de desarrollar desde un punto de vista técnico, medio ambiental, económico, legal y administrativo.

#### **3.1.3 Evaluación**

Se deben evaluar todas las alternativas posibles que permitan satisfacer las necesidades seleccionadas y se elige por lo general la que presenta una mejor factibilidad técnica económica, que cumpla con todas las exigencias.

#### **3.1.3 Financiamiento**

Una vez realizado los estudios previos, se debe considerar el aspecto del financiamiento, es decir, como se generan los recursos para el desarrollo del proyecto. Este financiamiento puede ser a través de un préstamo o con capitales propios.



### 3.1.4 Diseño

Una vez determinada la solución que se usara para satisfacer la necesidad, se debe diseñar el proyecto, habitualmente considera los siguientes puntos:

- Estudio del terreno donde se emplazara el proyecto, este debe ser analizado desde sus condiciones generales y reglamentarias, su topografía, hidrología, ambientales, legales, normativas, etc.
- Diseño Arquitectónico, normalmente considera las siguientes etapas: requerimientos del mandante, preparación de un anteproyecto para ser ingresado a la municipalidad y finalmente el desarrollo del proyecto con su planimetría respectiva y especificaciones técnicas.
- Diseño estructural de la Obra para que sea capaz de resistir los esfuerzos a los cuales estará sometida durante su vida útil, además se deben generar los diseño de los elementos estructurales y configuración de planos y especificaciones técnicas
- Estudio de impacto ambiental, dependiendo del proyecto
- Diseño de las instalaciones necesarias para el buen y correcto desempeño de la edificación, las más comunes son: Sanitario, Eléctrico, Clima, Gas, Red de incendio, corrientes débiles, alarma, seguridad, etc.
- Redacción de los documentos de licitación, esto con el fin de poder realizar una propuesta que sea lo más específica y clara posible.

### **3.1.5 Licitación de la Obra**

Llamado a Licitación y adjudicación, esta puede ser pública o privada, el mandante puede reglamentar los requerimientos contractuales a su criterio, en esta etapa se desarrolla las consultas y respuestas de las incongruencias o falta de especificaciones de los proyectos.

### **3.2.6 Construcción**

Esta es la etapa donde se materializa la obra, es donde confluye todo el trabajo previo. Las etapas son:

- Estudio de presupuestos.
- Definición de una estrategia de Gestión y Calidad.
- Obtención de los permisos necesarios para la realización de la obra.
- Redacción y aceptación de un contrato, en el cual se fijan plazos, costos y relaciones contractuales entre mandante y constructora.
- Planificación y Programación de la obra, en que se fijan plazos parciales y totales, y se planifica el uso de los recursos disponibles a través de la construcción.
- Adquisición de los materiales y arriendo o compra de la maquinaria necesaria para la materialización.
- Materialización de la obra.
- Control, donde se confronta lo ejecutado con el programa y especificación inicial presentado al mandante, además se realiza un seguimiento periódico a la obra, este puede ser un auto control o externo habitualmente contratado por el mandante (ITO).

### **3.2.6 Puesta en Marcha**

En esta etapa se realizan todas las pruebas y controles a las instalaciones distintas especialidades que interviene en el edificio, se realiza la puesta en marcha de las bombas, sirenas, pruebas de vacíos, etc.

### **3.2.7 Abandono**

Muchos proyectos, una vez que su objetivo y vida útil se cumplen, deben abandonarse. Por lo tanto, esta actividad debe pensarse y diseñarse con anticipación, para minimizar, los impactos ambientales y económicos.

## **3.2 Reingeniería de procesos**

La reingeniería de procesos es el método mediante el cual una organización puede lograr un cambio radical de rendimiento medido por el costo, tiempo de ciclo, servicio y calidad, por medio de la aplicación de varias herramientas y técnicas enfocadas en el negocio. Está destinada a incrementar las capacidades de gestión, del nivel operativo y complementario de las apuestas estratégicas y políticas de una organización. Es un modo planificado de establecer secuencias nuevas e interacciones novedosas en los procesos administrativos, regulativos y sustantivos con la pretensión de elevar la eficiencia, la eficacia, la productividad y la efectividad de la red de producción institucional y alcanzar un balance global positivo.

Se trata de una reconfiguración profunda del proceso que implica una visión integral de la organización en la cual se desarrolla. Preguntas como: ¿por qué hacemos lo que hacemos? y ¿por qué lo hacemos como lo hacemos?, llevan a interpelarnos sobre los fundamentos de los procesos de trabajo. La reingeniería de procesos es radical de cierta manera, ya que busca llegar a la raíz de las

cosas, no se trata solamente de mejorar los procesos, sino y principalmente, busca reinventarlos con el fin de crear ventajas competitivas osadas e innovar en las maneras de hacer las cosas.

Se tiende a confundir la reingeniería de procesos con el rediseño o mejoramiento organizacional, no hay que confundir, son los procesos y no las organizaciones los sujetos a reingeniería.

“Es un medio para lograr cambios radicales en el desempeño, tomando como las medidas el costo, los tiempos de los ciclos, el servicio y la calidad, y buscando la mejora de los procesos relacionados con el cliente para que le agreguen valor real”. (Pérez Hurtado, 2009)

### 3.2.1 Tipos de Reingeniería de Procesos

Son tres los tipos de reingeniería de procesos que pueden ser implementados por una empresa:

- Mejorar costos.
- Lograr ser el mejor de su clase.
- 
- Realizar un punto de innovación radical.

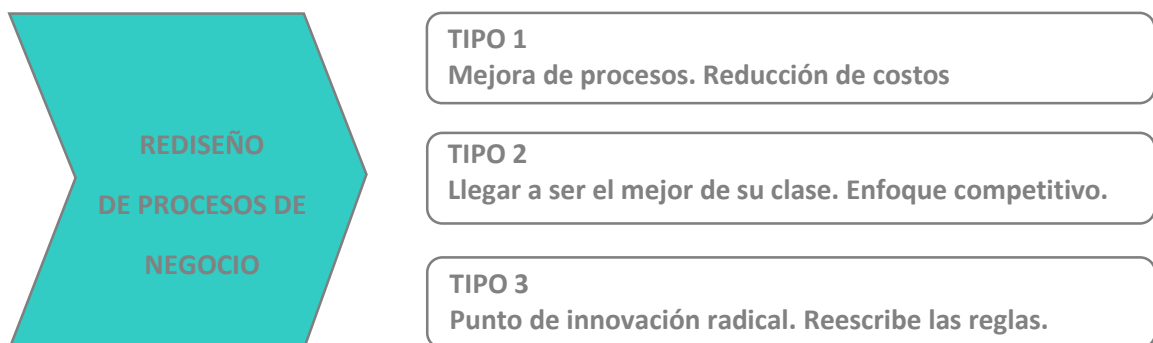


FIGURA 3.1 TIPOS DE REINGENIERÍA DE PROCESOS  
FUENTE: JOHANSON, REINGENIERIA DE PROCESOS DE NEGOCIOS, ED.LIMUSA, MEXICO, 1994.

### **3.2.2 Ventajas de la metodología**

La implementación paulatina de un enfoque basado en procesos permite a una organización:

1. Establecer indicadores de gestión para los procesos básicos de la organización e indicadores de resultados (calidad del producto y satisfacción del ciudadano o cliente).
2. Simplificar y estandarizar los flujos de operación.
3. Controlar las interfaces entre procesos o entre operaciones de un mismo proceso, eliminando "agujeros negros".
4. Eliminar actividades sin valor agregado.
5. Mejorar los flujos de información.
6. Reducir tiempos de operación.
7. Mantener los procesos focalizados en el ciudadano-cliente.
8. Mejorar la calidad del servicio.
9. Normalizar las mediciones de desempeños organizacionales e individuales.
10. Definir de manera clara insumos (producto) y productos de cada operación.
11. Identificar al "dueño" o responsable de cada proceso o subproceso.
12. Identificar oportunidades concretas de mejoras en forma continua.
13. Definir una nueva estructura orgánico-funcional alineada a la visión estratégica.
14. Definir una estructura para la plataforma tecnológica ajustada a los procesos.

### 3.2.3 Casos exitosos de reingeniería de procesos con tecnología BIM

#### Avatar BIM e Ingeniería Euroestudios

Euroestudios es una empresa española de ingeniería civil y de edificación e instalaciones, con cobertura internacional y más de 40 años de experiencia.

La necesidad de estar al nivel requerido por sus clientes nacionales e internacionales motivó a Euroestudios a implantar la metodología BIM para el desarrollo de sus procesos de trabajo. Para ello solicitó la ayuda de la consultora Avatar BIM.

Se constituyó un equipo conjunto entre Euroestudios y Avatar Bim para desarrollar el primer proyecto real BIM durante la implantación que duró 6 meses. En este proceso se formó al equipo en BIM (Revit Architecture, Structure y MEP y BIM Manager) y se realizó la reingeniería de procesos adecuándolos a la nueva filosofía BIM.

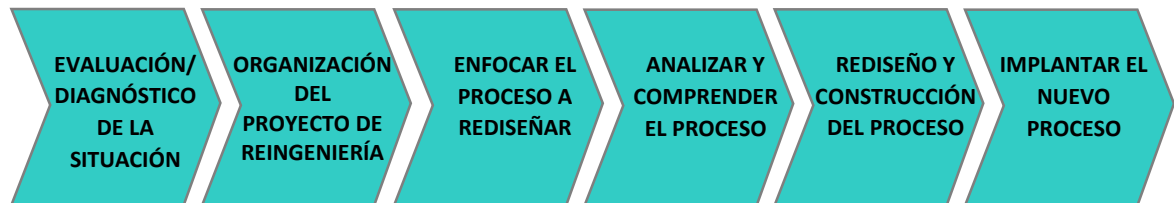


FIGURA 3.2 PROCESO DE REINGENIERÍA DE PROCESOS ADAPTADA A FILOSOFÍA BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tras la implantación Euroestudios disponía de un equipo de 13 personas de las distintas disciplinas totalmente capacitado y formado que fue capaz de abordar con éxito la redacción completa de un proyecto BIM de estructuras de 6 estaciones de metro en Doha, Qatar a pesar de que los plazos fueron muy exigentes, sólo se contaba con dos meses para llevar a cabo los proyectos, que era el periodo de vacaciones de la gente.

## **DECISIÓN BIM**

- Estudio de la competencia, todo va en plano BIM.
- Exigencia de clientes.
- Exigencias internacionales
- Posicionamiento ante colaboradores
- BIM como estrategia empresarial.

## **DESARROLLO DEL RETO**

- Colaboración de Avatar en la búsqueda de cada rol implicado en la implantación.
- Preparación de software, hardware, red y además elementos que influyen en el proceso.
- Formación general en primera instancia y particular por cada especialidad.
- Elección del proyecto sobre el que se va a implantar.
- Estudios de flujos de trabajo y adaptación de los mismos.
- Apoyo constante durante el proyecto aportando soluciones.

## **PERSPECTIVAS DEL CAMBIO**

La implantación BIM supone un importante cambio en la empresa. Es imprescindible gestionar este cambio de forma correcta, ya que afecta no sólo a aspectos técnicos (aplicaciones, costos y tecnologías) sino también afecta a la organización y a los procesos y procedimientos de trabajo. El principal impacto del cambio es que en BIM se modela como se construye.

Organización: nuevos roles y responsabilidades. La gente deja de hacer el trabajo de la forma que lo hacía.

Procesos de negocios: reingeniería de procesos. Antes trabajábamos en un orden y nos veíamos obligados por el proceso y el procedimiento debido a las capacidades disponibles.

Ubicación: modelos integrados

Aplicaciones: Software BIM

Tecnología: interoperabilidad

## **BASE METODOLÓGICA**

Formación Básica

Reingeniería de procesos de negocio

Formación en proyecto real

Formación BIM Manager. Gestión de Proyectos BIM

Constructora ARMAS

La constructora ARMAS plantea la reingeniería de procesos interna de la empresa en 2 fases, la fase 1 correspondiente al desarrollo (en la cual se establece un plazo de 18 meses) y la fase 2 correspondiente a la ejecución.



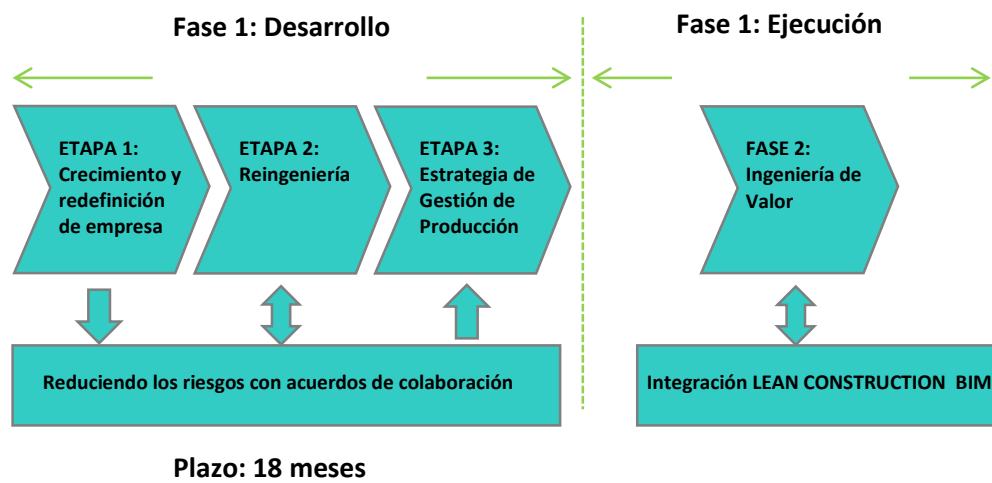


FIGURA 3.3 FASES DE IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA REINGENIERÍA DE PROCESOS  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En una primera instancia se define el rango de acción en el que se va a implementar este proceso. Se segmenta geográficamente las operaciones a nivel local y regional. A nivel local la estrategia 2011-2012 se ha centrado en cubrir las demandas habitacionales a lo largo de todo Chile, por lo que se divide el país en cinco zonas: norte, centro, región metropolitana, sur, extremo sur. A nivel regional el foco de atención se centra en tres países: Perú 2012, Colombia 2013 y Panamá 2014.

### **3.3. Gestión de proyectos**

La publicación de PMBOK® Guide, realizada por la PMI (Project Management Institute) establece las directrices a seguir para una exitosa gestión de proyectos. Dicha publicación con estándar internacional reconocido en el mundo entero presenta las siguientes definiciones y pautas a seguir:

#### **3.3.1 Definición de proyecto.**

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Temporal no necesariamente significa de corta duración. En general, esta cualidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Por ejemplo, un proyecto para construir un monumento nacional creará un resultado que se espera que perdure durante siglos. Por otra parte, los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales que durarán mucho más que los propios proyectos.

#### **3.3.2 Definición gestión de proyectos.**

La gestión de proyectos se define como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración

adecuadas de los procesos de gestión de proyectos, agrupados lógicamente, que conforman los 5 grupos de procesos. Estos 5 grupos de procesos son:

- Iniciación
- Planificación
- Ejecución
- Seguimiento y Control
- Cierre

Dirigir un proyecto por lo general implica:

- identificar requisitos,
- abordar las diversas necesidades, inquietudes y expectativas de los interesados según se planifica y efectúa el proyecto,
- equilibrar las restricciones contrapuestas del proyecto que se relacionan, entre otros aspectos, con: el alcance, la calidad, el cronograma, el presupuesto, los recursos y el riesgo.

### **3.3.3 Ciclo de vida del proyecto**

El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación, dicho ciclo puede documentarse con ayuda de una metodología. El ciclo de vida del proyecto puede ser determinado o conformado por los aspectos únicos de la organización, de la industria o de la tecnología

empleada. Mientras que cada proyecto tiene un inicio y un final definidos, los entregables específicos y las actividades que se llevan a cabo entre éstos variarán ampliamente de acuerdo con el proyecto.

- Fase inicial: diseño.
- Fases intermedias: organización y preparación, ejecución.
- Fase final: cierre del proyecto.

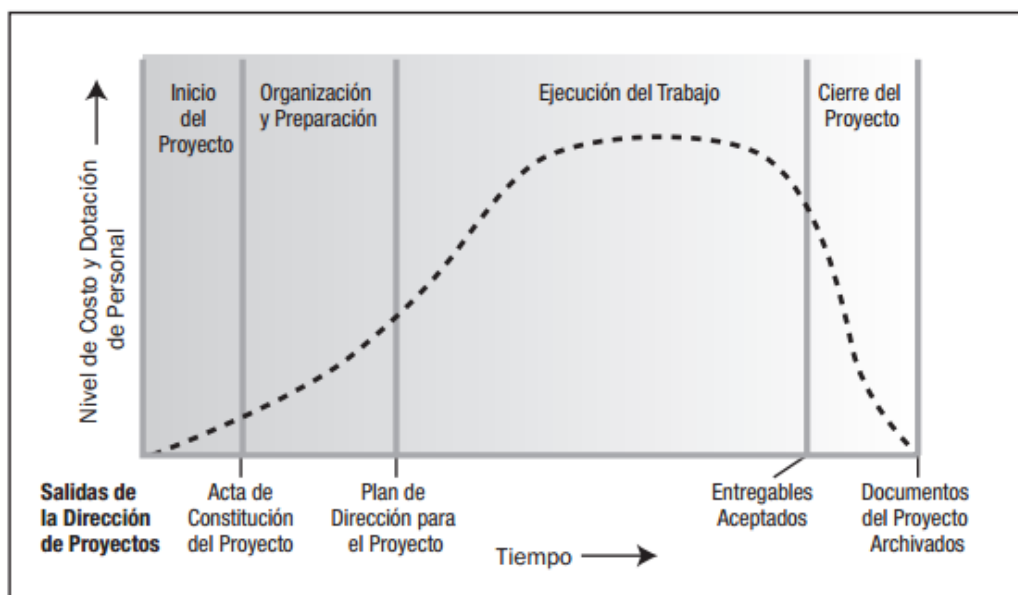


Figura 3.4 Niveles típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.  
FUENTE: GUÍA FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.

Las fases del proyecto son divisiones dentro del mismo proyecto, donde es necesario ejercer un control adicional para gestionar eficazmente la conclusión de un entregable mayor. Las fases del proyecto suelen completarse de manera secuencial, pero en determinadas situaciones de un proyecto pueden superponerse. Por su naturaleza de alto nivel, las fases del proyecto.



FIGURA 3.5 PROCESO INTEGRADO DE DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN  
 FUENTE: WWW.CTFORMACION.ES

La estructuración en fases permite la división del proyecto en subconjuntos lógicos para facilitar su dirección, planificación y control. El número de fases, la necesidad de establecer fases y el grado de control aplicado dependen del tamaño, la complejidad y el impacto potencial del proyecto.

### 3.3.4 Diseño del proyecto.

#### 3.3.4.1 Requisitos del proyecto.

Recopilar Requisitos es el proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto. El éxito del proyecto depende directamente del cuidado que se tenga en obtener y gestionar los requisitos del proyecto y del producto. Los requisitos incluyen las necesidades, deseos y expectativas cuantificadas y documentadas del patrocinador, del cliente y de otros interesados. Estos requisitos deben recopilarse, analizarse y registrarse con un nivel de detalle suficiente, que permita medirlos una vez que se inicia el proyecto. Recopilar Requisitos significa definir y gestionar las expectativas del cliente.

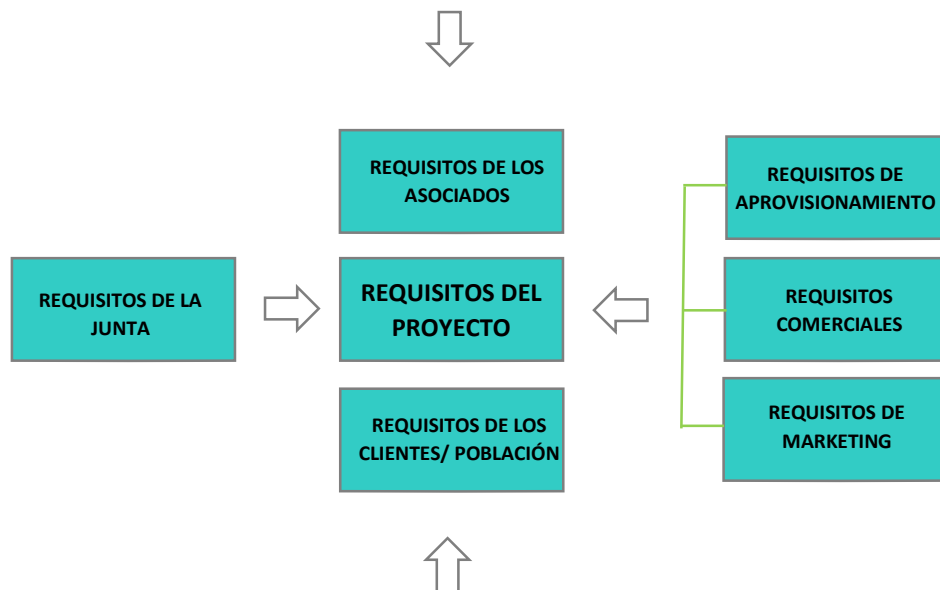


FIGURA 3.6 ESQUEMA REQUISITOS DE UN PROYECTO SEGÚN EXPECTATIVAS DEL CLIENTE  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **3.3.4.2 Alcance del proyecto**

La Gestión del Alcance del Proyecto incluye los procesos necesarios para garantizar que el proyecto incluya todo (y únicamente todo) el trabajo requerido para completarlo con éxito. El objetivo principal de la Gestión del Alcance del Proyecto es definir y controlar qué se incluye y qué no se incluye en el proyecto.

- **Recopilar Requisitos:** proceso que consiste en definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir con los objetivos del proyecto.
- **Definir el Alcance:** proceso que consiste en desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.
- **Crear la ED:** proceso que consiste en subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar.
- **Verificar el Alcance:** proceso que consiste en formalizar la aceptación de los entregables del proyecto que se han completado.
- **Controlar el Alcance:** proceso que consiste en monitorear el estado del alcance del proyecto y del producto, y en gestionar cambios a la línea base del alcance.

Estos procesos interactúan entre sí y con los procesos de las otras áreas de conocimiento. Cada proceso puede implicar el esfuerzo de una o más personas, dependiendo de las necesidades del proyecto.

### **3.3.4.3 - Definición de los objetivos.**

Para garantizar el éxito del proyecto los objetivos deben ser:

Specific → Específico: definición

Measurable → Medible: control

Assignable → Asignable: responsabilidades

Realist → Realista: recursos

Time related → Relacionado con tiempo: plazos

### **3.3.4.4 - Identificación y segregación de tareas.**

El desempeño de un equipo exitoso se mide en términos de éxito técnico conforme a objetivos acordados del proyecto, de desempeño según el cronograma del proyecto y de desempeño según el presupuesto. Los equipos de alto desempeño se caracterizan por este funcionamiento orientado a las tareas y a los resultados. También exhiben cualidades específicas relacionadas con el trabajo y las personas, que representan medidas indirectas del desempeño del proyecto.

- Dibujar el flujo de actividades consecutivo. Flujo de paquetes de trabajo sencillo para simplificar al máximo la gestión y minimizar los interfaces del equipo de trabajo.



- Descomponer el proyecto en paquetes de trabajo atendiendo a:
  - Agrupar actividades/ tareas relacionadas dentro de un mismo paquete de trabajo, las cuales deben ser sencillas, pero a la vez descomponerse detalladamente para evitar el desperdicio de recursos.
  - Escindir la responsabilidad entre los distintos componentes del equipo.
  - Minimizar los interfaces entre los distintos paquetes de trabajo.

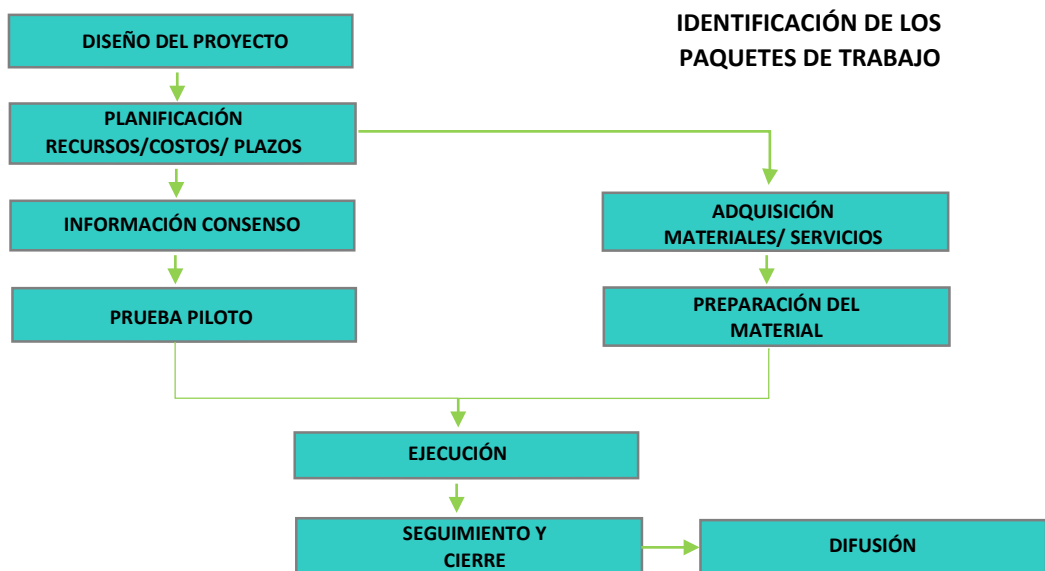


FIGURA 3.7 DESCOMPOSICIÓN DE TAREAS DE TRABAJO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

#### **3.3.4.5 Gestión de riesgos.**

El riesgo se define como cualquier contingencia que pueda ocurrir, que provoque que el resultado real de una actividad se desvíe significativamente del resultado esperado, esta desviación puede ser tanto positiva como negativa. Es importante gestionar los puntos enumerados a continuación:

- 1- Identificar y caracterizar los riesgos
- 2- Cuantificar los riesgos.
- 3- Desarrollo de respuestas al riesgo, tanto correctivas como preventivas.
- 4- Supervisión y control de los riesgos.

Los riesgos se pueden clasificar en:

- Aceptables y no aceptables.
- Evitables e inevitables.
- A corto y a largo plazo.
- Positivos y negativos.
- Gestionables y no gestionables.
- Internos y externos.

#### **3.4.4.6 Constitución del equipo de trabajo.**

- Equipo de trabajo e identificación de responsables.
- Reuniones de trabajo.
- Conflictos.

### **3.3.4.7 Planificación temporal y de recursos.**

La planificación es necesaria para asegurar la conclusión del proyecto en los plazos previstos.

- Definir las Actividades: proceso que consiste en identificar las acciones específicas a ser realizadas para elaborar los entregables del proyecto.
- Secuenciar las Actividades: proceso que consiste en identificar y documentar las interrelaciones entre las actividades del proyecto.
- Estimar los Recursos de las Actividades: proceso que consiste en estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros requeridos para ejecutar cada actividad.
- Estimar la Duración de las Actividades: proceso que consiste en establecer aproximadamente la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.
- Desarrollar el Cronograma: proceso que consiste en analizar la secuencia de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.
- Controlar el Cronograma: proceso por el que se da seguimiento al estado del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar cambios a la línea base del cronograma.

El responsable estima la duración de las tareas considerando la complejidad, el esfuerzo requerido, las personas disponibles y el tiempo disponible. También debe establecer la interrelación de las tareas e hitos, finalmente plasmándose todo en un cronograma.



FIGURA 3. 8 CARTA GANTT GRAFICADA RUTA CRÍTICA.  
FUENTE: MICROSOFT PROJECT/RUTA CRITICA

En la figura número 3.8 se puede apreciar que en todo proyecto existen tareas críticas las cuales se grafican como una línea crítica o ruta crítica, estas deben ser ejecutadas en un tiempo determinado para así no afectar el plazo final de la obra, si unas de estas tareas se atrasa, se atrasara el programa general de la obra y por ende subirán los costos del proyecto.

### 3.3.4.8 - Presupuesto y financiamiento.

La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en estimar, presupuestar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado.

- Estimar los Costos: proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto.
- Determinar el Presupuesto: proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.
- Controlar los Costos: proceso que consiste en monitorear la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo.

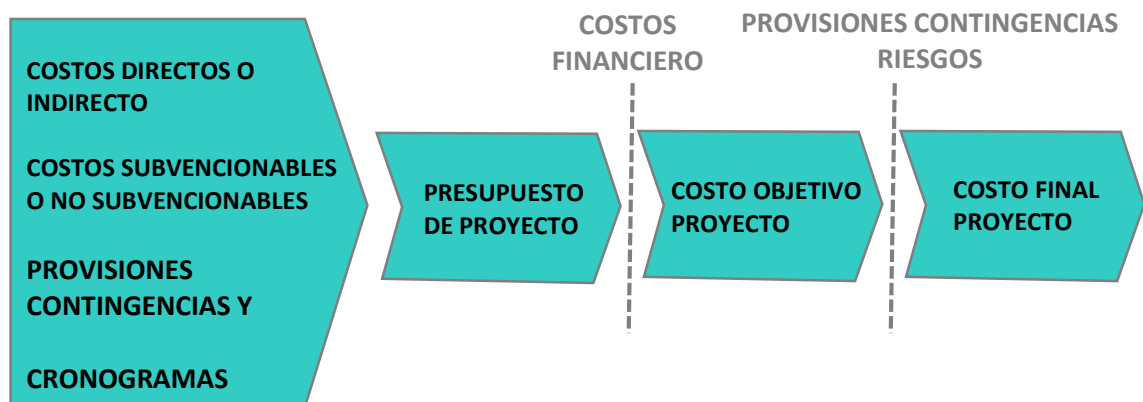


FIGURA 3.9 ESQUEMA DE COSTOS DE UN PROYECTO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### **3.3.4.9 Seguimiento y cierre del proyecto.**

Es necesario llevar un seguimiento del proyecto e ir haciendo un control de los cambios realizados, los cuales se pueden desarrollar en los alcances del proyecto, en sus plazos, costos y/o riesgos.

El control de los cambios debe asegurar que estos sean buenos o beneficiosos, se debe detectar los factores que ocasionan dichos cambios y determinar cuándo se van a producir estos, gestionándolos en el momento.

El control de cambios debe contar con:

- Los estados de revisión de los formatos del proyecto.
- Un archivo ordenado de todos los registros.
- Un históricos de los cambios del proyecto.
- Reuniones de seguimiento con sus respectivas actas de reunión.

Para realizar el cierre del proyecto es importante fijarse objetivos, dentro de ellos se encuentran analizar económicamente el resultado del proyecto, considerando los recursos iniciales versus los recursos obtenidos. También es importante realizar un diagnóstico de la actividad desarrollada. Y finalmente corregir las actuaciones inadecuadas, haciendo un análisis de la experiencia adquirida y procurar una mejora continua.

#### **3.3.4.10 Difusión y comunicación.**

La gestión de las comunicaciones del proyecto incluye los procesos requeridos para garantizar que la generación, la recopilación, la distribución, el almacenamiento, la recuperación y la disposición final de la información del proyecto sean adecuados y oportunos. Los directores del proyecto pasan la mayor parte del tiempo comunicándose con los miembros del equipo y otros interesados en el proyecto, tanto si son internos (en todos los niveles de la organización) como externos a la misma. Una comunicación eficaz crea un puente entre los diferentes interesados involucrados en un proyecto, conectando diferentes entornos culturales y organizacionales, diferentes niveles de experiencia, y perspectivas e intereses diversos en la ejecución o resultado del proyecto.

- **Identificar a los Interesados:** proceso que consiste en identificar a todas las personas u organizaciones impactadas por el proyecto, y documentar información relevante relativa a sus intereses, participación e impacto en el éxito del mismo.
- **Planificar las Comunicaciones:** proceso para determinar las necesidades de información de los interesados en el proyecto y definir cómo abordar las comunicaciones con ellos.
- **Distribuir la Información:** proceso de poner la información relevante a disposición de los interesados en el proyecto, de acuerdo con el plan establecido.
- **Gestionar las expectativas de los interesados:** proceso de comunicarse y trabajar en conjunto con los interesados para satisfacer sus necesidades y abordar los problemas conforme se presentan.

- Informar el Desempeño: proceso de recopilación y distribución de la información sobre el desempeño, incluyendo los informes de estado, las mediciones del avance y las proyecciones.



## **CAPITULO 4. COSTOS**

Los costos asociados a un proyecto inmobiliario guardan relación con la magnitud de los recursos materiales, laborales y monetarios necesarios para alcanzar un cierto volumen de producción con una determinada calidad.

En términos generales los edificios generan un costo a lo largo de toda su vida útil, ya sea en la etapa de diseño y creación del proyecto, mientras el edificio esté en uso y también cuando este deje de cumplir su función.

La etapa de diseño y construcción del edificio podría ser la de menor costo mirada desde el punto de vista del ciclo de vida, pero no así la de menor importancia, ya que es en esta instancia donde se puede planificar eficientemente tanto la construcción misma del edificio como un uso más óptimo y de mejor calidad para los usuarios.

Hoy en día las inmobiliarias no invierten en la etapa de diseño de un edificio, desechando la oportunidad de que estos sean de mejor calidad y mayor eficiencia, dándole mayor importancia al producto y no al proceso para lograr ese producto.

### **4.1 Costos directos**

Los costos directos están referido a los gastos que estén directamente relacionados con el producto, o dicho de otra forma aquellos sobre los que un área determinada tiene responsabilidad en su empleo o utilización. Estos incluyen los subcontratistas, la mano de obra contratada, materiales, suministros, equipos, bonos, permisos y otras obligaciones que puedan asociarse de manera específica a la actividad que se ejecuta.



FIGURA 4.1 ESQUEMA COSTOS DIRECTOS  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

## 4.2 Costos Indirectos

Están constituidos por los gastos que no son identificables con una producción o servicio dado, relacionándose con éstos en forma indirecta. Los costos indirectos corresponde a gastos necesarios para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos que realiza el contratista, estos se producen tanto en sus oficinas centrales como en la faena misma y comprenden los gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, construcción de instalaciones generales, transporte de maquinaria y equipo de construcción, arriendo de oficinas móviles y espacios modulares, entre otros. Los cuales se ejecutan con la finalidad de apoyar la actividad que se realiza.



FIGURA 4. 2 ESQUEMA COSTOS INDIRECTOS  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

### 4.3 Costos asociados a desviaciones

La desviación es la diferencia que surge entre el costo presupuestado y el costo que finalmente resulta. Guarda relación con los imprevistos, es sabido que en toda obra siempre existen situaciones sobre las cuales no podemos tener control, lo que conlleva en un costo que se debe absorber en caso que suceda.

La desviación puede presentarse en cualquier etapa de un proyecto inmobiliario y estas pueden ser tanto positivas como negativas. La inmobiliaria o constructora podrían gastar más de lo presupuestado o menos, así como también los ingresos pueden ser más de los presupuestados o menores.

Dentro de los factores más comunes por los que se produce la desviación se encuentran:

- La variación del costo unitario de los materiales, mano de obra, servicios, etc. Finalmente el precio de venta puede ser mayor o menor al presupuestado.
- Diferencia en el consumo unitario previsto, el consumo real puede ser mayor o menor al presupuestado.
- La capacidad de producción, la empresa prevé producir una cantidad determinada, pero la producción final resulta ser mayor o menor.

#### **4.4 Costos Financieros**

Los costos financieros son las retribuciones que se deben pagar como consecuencia de la necesidad de contar con fondos para mantener en el tiempo activo que permitan el funcionamiento operativo de la compañía. Dichos activos requieren financiamiento, y así existen terceros (acreedores) o propietarios (dueños), que aportan dinero (pasivos y patrimonio neto, respectivamente, según la óptica contable) quienes demandan una compensación por otorgarlo, dado que el dinero tiene un valor en el tiempo. Dicha compensación se llama interés y para la empresa que recibe los fondos representa un costo. Costo de financiamiento es el correspondiente a la obtención de fondos aplicados al negocio. Por ejemplo: Intereses pagados por préstamos. Comisiones y otros gastos bancarios. Impuestos derivados de las transacciones financieras.

## CAPITULO 5. CASOS

### 5.1 Referentes

#### 5.1.1 Costanera Center

Costanera Center es un proyecto con más de 704 mil m<sup>2</sup> construidos, marca un hito en el centro financiero de Santiago. Está compuesto por un mall y cuatro torres donde se destaca la Torre 2 de 300 metros de altura, el rascacielos más alto de Sudamérica.

Una obra emblemática que presentó un gran desafío para la ingeniería y el diseño, donde la innovación, tecnología y coordinación son piezas claves para la realización de este proyecto, que consideró ensayos de suelo, viento y materiales.

La plataforma BIM cumple un rol fundamental en el proceso de coronación de la Torre 2 del Costanera Center, sirviendo como una importante herramienta en las fases de diseño, fabricación y montaje, todo esto enfocado a la ingeniería estructural de la edificación.

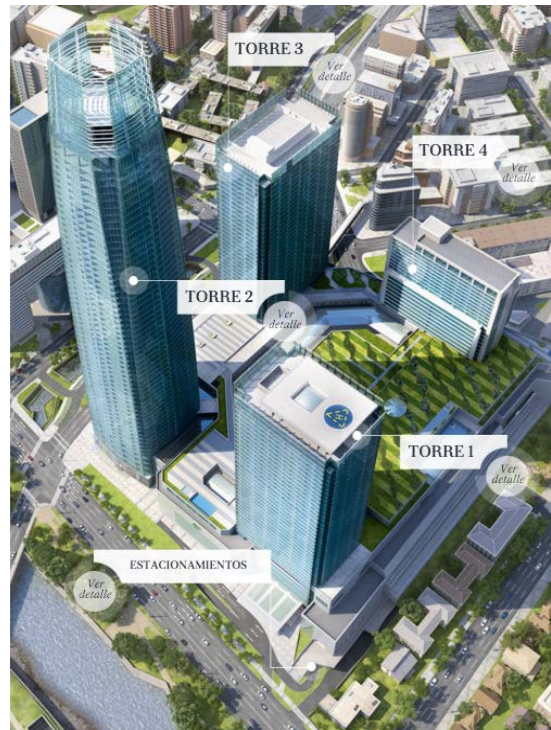


FIGURA 5.1 PROYECTO COSTANERA CENTER  
FUENTE: ROJAS PIZARRO (2013) CAMBIO DE PARADIGMA

#### FICHA TÉCNICA

Ubicación: Av. Vitacura / Nueva  
Tobalaba  
Mandante: Cencosud S.A.  
Arquitecto: ABWB Arquitectos  
Arquitecto Torre 2: César Pelli (Clarke,  
Pelli y Asociados)  
Constructora: Salfa Construcción S.A.  
Calculista: René Lagos Engineers  
Superficie construida: 704 mil m<sup>2</sup>

La principal dificultad que presentó el coronamiento residía en una situación de montaje muy complicada, si bien su estructura metálica no es tan pesada como las que se usan en el mundo industrial o en el mundo minero, se encuentra a una altura considerable, por lo que todo el montaje se tuvo que planear para hacerse cerca de los 300 metros sobre el nivel calle, cuando la estructura en sí tiene casi 40 metros de altura.

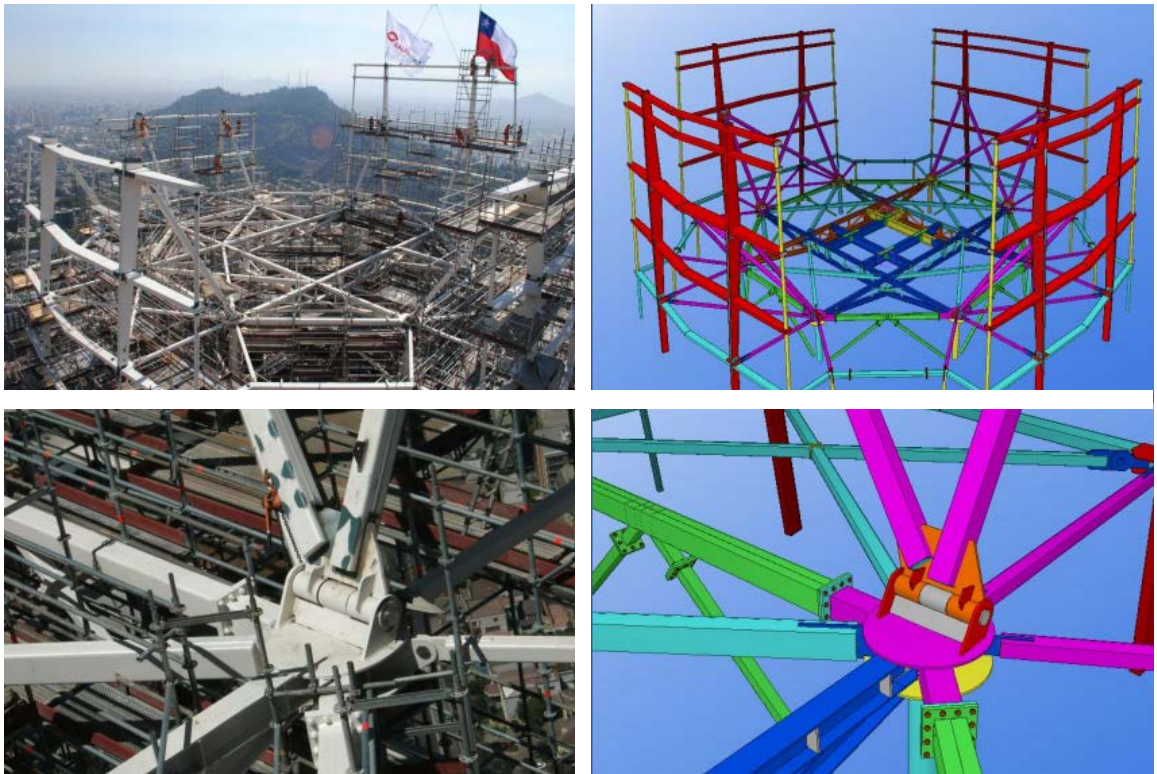


FIGURA 5.2 ESTRUCTURA DE REMATE TORRE COSTANERA CENTER

Según (Rojas Pizarro, 2013) este montaje requería del trabajo conjunto de un equipo muy grande de diseñadores e ingenieros y de niveles de precisión altísimos, pues cada falla representaba un costo monetario y un riesgo para quienes trabajaban en altura. Por eso mismo, se integró todo el trabajo en B.I.M. El diseño de la coronación parte en el año 2007 (el proyecto mismo, desde la ingeniería, en el año 2004). Como este era un proyecto emblemático, se tomó la decisión de utilizar B.I.M. para los primeros diseños de la estructura. Sin

embargo, fue precisamente en ese año que el equipo había comenzado con la implementación de esta tecnología, por lo que aún había poco manejo de sus posibilidades. Luego de los primeros inconvenientes se optó por un sistema tradicional y se desarrolló el proyecto en plano (2D). No obstante, una vez que estuvo terminada la geometría, notaron que la complejidad del proyecto no estaba en los perfiles, sino que en las conexiones entre estructuras. Esta nueva necesidad los devuelve al dilema de la utilización de los modelos tridimensionales y la empresa se decide a hacer un proyecto de este tipo en paralelo al de 2D. ¿Cuáles fueron los avances que se lograron con la tecnología B.I.M. en relación al planeamiento tradicional? En primer lugar, hubo un cambio en el nivel de las decisiones. En el diseño de un proyecto se definen los estándares técnicos a cumplir y a partir de eso se entrega una solución al mandante; sin embargo, la propuesta tradicional suele suplir solo los requerimientos técnicos y geométricos del diseño. Al utilizarse la plataforma B.I.M. se puede obtener de ella distintos tipos de reportes, muy fáciles de extraer, sobre el peso de la estructura, las secciones, la calidad del acero dentro del proyecto, etc., pues es una plataforma que puede generar información en la medida en que se le soliciten diferentes requerimientos. De este modo, cada uno de estos reportes genera un caudal de información útil y única al proyecto a partir de la que se sustentan las decisiones subsiguientes. Dentro de las posibilidades que da B.I.M., es muy fácil extraer información sobre los pesos, lo que en el caso de las estructuras metálicas presta una relación muy clara con el costo final de la construcción. A partir de este descubrimiento se pudo integrar una variable adicional al diseño: el costo. Esta nueva variable resultó ser fundamental para el mandante (aunque hasta ese momento no la hubiera considerado), por lo que inmediatamente se solicitó hacer un rediseño que aunara la utilización de la plataforma B.I.M. —que es un software de diseño— con nuestro software de análisis, para que fuese posible disminuir los costos que hasta el momento tenía la estructura. Mientras se avanzaba, la información extraíble comenzó a ser cada vez más depurada. Con esto, el

modelo se transformó en una pieza clave de las reuniones de coordinación, lo que fue muy importante pues, en la medida que el cliente, junto con el arquitecto, validan el resultado generado por la plataforma, la posicionan como un aspecto fundamental en la coordinación del proyecto. Además se incorporaron en el proceso no solamente el mandante y el arquitecto, sino que se integró al fabricante y a la empresa que iba a hacer el montaje. Juntos se logra crear una solución consensuada —posibilitada por el constante feedback en torno al modelo— en la que el ingeniero y el proyectista trabajarían a la par. Con esto comienza a reforzarse la propuesta tanto en lo que respecta al diseño mismo como al análisis, simplificándose los posibles problemas y acelerando el proceso de diseño y planificación. El proyecto fue llevado a cabo dentro de los plazos programados y no contó con ningún error en obra que hubiera que arreglar después. Acá se confirma la utilidad del uso de esta plataforma: gracias a ella es posible el anticiparse a los problemas, corrigiendo en digital antes de hacerlo en terreno y sin malgastar recursos haciendo edificios que deben parcharse en la marcha. A la luz de estos antecedentes, se puede ver que el gran avance se encuentra en el nivel de comprensión sobre el proyecto, posibilitado por el uso de la tecnología B.I.M. Al ver todo lo que esta plataforma es capaz de hacer (documentación, modelos, visuales, reportes, secuencias constructivas, análisis de constructibilidad), se aprecia cómo está cambiando la forma de entregar información, con lo que también cambia la forma de construir.



FIGURA 5. 3 ESQUEMA DE CONFIGURACIONES TORRE COSTANERA CENTER.



### 5.1.2 Dalí Museum, St. Petersburg, Estados Unidos

Este museo es una estructura de 6317 m<sup>2</sup>, con una cubierta de 1062 paneles vidrios triangulares únicos. Cuenta con una escalera espiral de 23 metros de alto hecha de hormigón.



FIGURA 5.4 ESCALERA MUSEO DALI. ST. PETERSBURG.  
FUENTE: WWW.INABITAT.COM

La utilización de BIM por parte de la empresa HOK el año 2010 permitió, a pesar de la compleja geometría, que este proyecto fuera viable y que su diseño cumpliera con las normas requeridas para el cuidado de las obras de arte. Además la obra fue completada dentro del plazo con una diferencia de US\$700.000 bajo el presupuesto (HOK, 2011).



FIGURA 5.5 FACHADA MUSEO DALI  
FUENTE: WWW.INABITAT.COM

### 5.1.3 Derby Business Park, Espoo, Finland

Este proyecto consiste en tres edificios de oficinas de ocho pisos y un edificio de estacionamientos de ocho pisos.

Modelado por Consultora de Ingeniería Mäkeläinen Ltda., el modelo BIM incluye fundaciones, detalle de elementos de hormigón reforzado y estructuras de acero.

El poco margen de error en la programación durante la etapa de diseño era un gran desafío de este proyecto, pero gracias a BIM se pudo trabajar, en su mejor momento, con hasta ocho ingenieros para el diseño estructural utilizando el modelo al mismo tiempo, permitiendo un proceso de diseño y monitoreo en tiempo real, logrando el objetivo dentro del plazo estipulado.



FIGURA 5.6 MODELO DE INSTALACIONES EDIFICIO DERBY BUSINESS PARK  
FUENTE: WWW.TEKLA.COM

BIM también ayudo al monitoreo de interferencias y a la fabricación de elementos de acero con especificaciones obtenidas del modelo. Una vez a la semana se enviaba a la construcción el modelo actualizado, donde era utilizado para visualización, fabricación de elementos y monitoreo de instalaciones.

El año 2012 ganó como “Mejor Proyecto BIM” en los Premios Mundiales de BIM de Tekla (TEKLA, 2012).



FIGURA 5.7 EDIFICIO DERBY BUSINESS PARK PERSPECTIVA  
FUENTE: WWW.TEKLA.COM

## 5.2 Caso de Estudio

### 5.2.1 Edificio de Oficina Tantum

El edificio Tantum es un edificio de 7 pisos de altura total, el primero con destino comercial, el cual propone un boulevard que cuenta con diversas tiendas y los 6 pisos restantes con destino oficinas. Se ubicada en sector Av. Alonso de Córdova / Av. Nueva Costanera, comuna de Vitacura. Posee conexión inmediata a autopistas, beneficiándose directamente del rediseño de la Rotonda Perez Zúcovic. A Pasos de Av. Vitacura, Isidora Goyenechea y El Golf. Cercano a Parque Bicentenario y Centro Cívico Vitacura.



FIGURA 5.8 EDIFICIO DE ESTUDIO TANTUM

## **Datos del edificio**

Ubicación: Alonso de Cordova n° n°2850, comuna de Vitacura

Superficie del terreno: 3350 m<sup>2</sup>

Costo del terreno 50 UF/m<sup>2</sup>

Valor terreno: 167.500 UF

Número de pisos: 3 subterráneos con una superficie de

1 placa comercial con 5 locales

7 Pisos de Oficinas

246 Estacionamientos

Superficie total edificada: 14.779 M<sup>2</sup>

Superficie vendible: 5106.43

Valor de Venta promedio: 90 UF/M<sup>2</sup>

Utilidades esperadas: 459.540 UF

Costo de construcción 242.581 UF

Costo por metro cuadrado: 16.6 UF/M<sup>2</sup>

RDI: 254

Total por concepto de adicionales 15.106 UF

Duración de la Obra 12 Meses

Atraso 3 meses

## CAPITULO 6. ANALISIS DEL CASO Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACION

Para el desarrollo de este capítulo analizaremos desde la perspectiva del proyecto base existente y ejecutado, el edificio de oficinas Tantum, este cumple con los estándares de la mayoría de los proyecto de oficinas de tipo planta libre, su entrega es en obra gruesa habitable con las instalaciones base para su funcionamiento.

Analizaremos los costos y rentabilidades del proyecto desde el punto de vista del mandante como de la empresa constructora.

### Inmobiliaria

Para el desarrollo de este proyecto la inmobiliaria tuvo que incurrir en los siguientes costos asociados al desarrollo del proyecto:

Costo del terreno	167,500 UF
Costo de Proyecto	20,602 UF
Costo de construcción	242,581 UF
Administración y Marketing	7,277 UF
<b>Total costos de proyecto</b>	<b>437,960 UF</b>

TABLA 6.1 COSTO DEL PROYECTO INMOBILIARIO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para la desarrollo del edificio el terreno tuvo un costo de 50UF/M2. Para las especialidades como arquitectura los honorarios fueron 0.4 UF/M2, calculo 0.125 UF/M2. El costo de construcción fue de 242.581 UF/M2 y costos de administración, marketing y ventas se calculan en un 6% del costo de construcción.

La duración del proyecto se evaluó con un desarrollo de proyectos de 4 meses, la construcción estaba planificada para 12 meses y el periodo de ventas 1.5 años.

### Constructora

La constructora después de realizar el análisis de los antecedentes entregado para propuesta realizo su presupuesto de propuesta llego al siguiente desglose.

TOTAL CD EBCO 165.628,26

<b>FINAL CD</b>	<b>165.628,26</b>
-----------------	-------------------

TOTAL GG 25.130,65

DCTO GG ILD - 1.149,39

<b>FINAL GG</b>	<b>23.981,26</b>
-----------------	------------------

### PRESENTACION

CD	165.628,26	
GG	23.981,26	14,48%
<b>SUBTOTAL</b>	<b>189.609,52</b>	
UU	15.260,71	8,05%
DCTO ESPECIAL	- 1.020,10	
<b>TOTAL NETO</b>	<b>203.850,13</b>	
IVA	38.731,52	19%
<b>TOTAL</b>	<b>242.581,65</b>	

TABLA 6. 2 PRESUPUESTO DE OBRA TANTUM

La constructora presento un presupuesto por 203.850 UF, teniendo los gastos general evaluados en un 14.48% y la utilidad en un 8.05%, cabe mencionar que en los presupuesto de construcción van incluidas “partidas ocultas” las cuales son faenas que no se pueden predecir desde un comienzo de la Obra, por ejemplo maquillajes, picados, errores de ejecución etc.

Una vez comenzada la obra se encontraron incongruencias entre especialidades, indefiniciones de proyectos, falta de información, detalles faltantes, etc. Esto derivó en que la constructora al final de la obra llegara a la siguiente tabla de adicionales. Tabla 6.3

**Adicionales Edificio Tantum**

**ITEMIZADO GENERAL**

PLANILLA AUMENTOS DE OBRA

**E. PAGO ADICIONALES - MODIFICACIONES DE PROYECTO VENTA**

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT.	P. TOTAL
<b>OBRAS ADICIONALES</b>				
1	Grupo Generador	GL	1,00	90,20
2	Presupuesto Eléctrico para Instalaciones de Faenas	GL	1,00	209,84
3	Alza Fierro al 19-12-2013	GL	1,00	513,61
4	Clima	GL	1,00	264,48
5	Pasadas en losa	GL	1,00	17,97
6	Perforación y Fibra en Muros	GL	1,00	252,06
6"	Perforación y Fibra en Muros (Dev)	GL	1,00	-33,65
7	Modificación cota cero	GL	1,00	782,00
8	Modificación Puertas	GL	1,00	9,38
9	Alza fierro Periodo 24-12-2013 al 28-02-2014	GL	1,00	440,70
10	Modificación Cielo	GL	1,00	1.066,52
11	Modificación Pavimentos	GL	1,00	170,84
12	Modificación Revestimientos	GL	1,00	218,45
13	Limpia Fachadas	GL	1,00	-625,24
14	Asiento en jardinera	GL	1,00	n/a
15	Cuadre Final Fierro	GL	1,00	328,55
16	Despiches clima	GL	1,00	39,37
17	Estructura caja de escalas	GL	1,00	53,90
18	Tabique adicional escalas (Mod por lto)	GL	1,00	1,57
19	Estructura metálica eje D y eje 5	GL	1,00	91,00
20	Estructura metálica Viga primer piso y piso 3	GL	1,00	71,85
21	Tronera piso 1	GL	1,00	95,25
22	Fierro Negro en -2 (Mod por lto)	GL	1,00	177,42
23	Iluminación	GL	1,00	142,23
24	Paisajismo	GL	1,00	283,45
25	Ascensores			
26	Acceso Vehicular Alonso de Córdova (faltan detalles)	GL	1,00	500,00
27	Tabiques provisorios frente locales (2.7.8)	GL	1,00	-413,12



28	Modificación losa cielo piso 7 por VSL	GL	1,00	90,00
29	Diferencia EISTU	GL	1,00	2.635,95
30	Retraso por coordinación de proyecto (42 días)	GL	1,00	765,00
31	Aislapol Paisajismo	GL	1,00	397,50
32	Acceso peatonal por pasaje.	GL	1,00	180,52
33	Recorridos modificados por incongruencias	GL	1,00	48,60
34	Riego primer, segundo y tercer piso	GL	1,00	85,80
35	Recorrido sentina no proyectada	GL	1,00	57,95
36	Defensas ALL, AS, en subterráneos	GL	1,00	61,53
37	Citofonía comunicación oficinas mesón recepción	GL	1,00	170,73
38	Modificación segundo piso clima y hall principal	GL	1,00	58,00
39	Canalización corrientes débiles para riego	GL	1,00	26,87
40	Tablero piso 8 equipos de clima VRV	GL	1,00	636,01
41	Cuadre y cierre Final Fierro	GL	1,00	-163,80
42	Ventilación estanques	GL	1,00	45,21
43	Aguas lluvias acceso vehicular	GL	1,00	9,47
44	Mejoramiento Olika	GL	1,00	47,44
45	Sello asiento granito	GL	1,00	61,50
46	Punto de luz y agua en casa	GL	1,00	n/a
47	Estacionamientos Alonso de Cordova esq Nva. Costanera	GL	1,00	83,00
48	VPF Meson	GL	1,00	-157,69
49	VPF Números	GL	1,00	3,93
50	Modificación Mueble y soporte tableros recepción	GL	1,00	20,41
51	Presupuesto Tablero mimico	GL	1,00	16,19
52	Pintura guardapolvo escalera y vestibulos	GL	1,00	78,53
53	Mod. Empalme general	GL	1,00	396,46
54	Caja de paso chilectra	GL	1,00	21,16
55	Piso 8 , cinta led piso 1	GL	1,00	24,34
56	Ajuste Cubicación EISTU	GL	1,00	657,63
<b>A</b>	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>			<b>15.106,88</b>
B	GASTOS GENERALES			0,00
C	UTILIDAD			0,00
<b>H</b>	<b>TOTAL NETO</b>			<b>15.106,88</b>
I	IVA (19%)			2.110,31
<b>J</b>	<b>TOTAL CON IVA</b>			<b>17.976,19</b>

TABLA 6.3 LISTADO DE ADICIONALES EDIFICIO  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

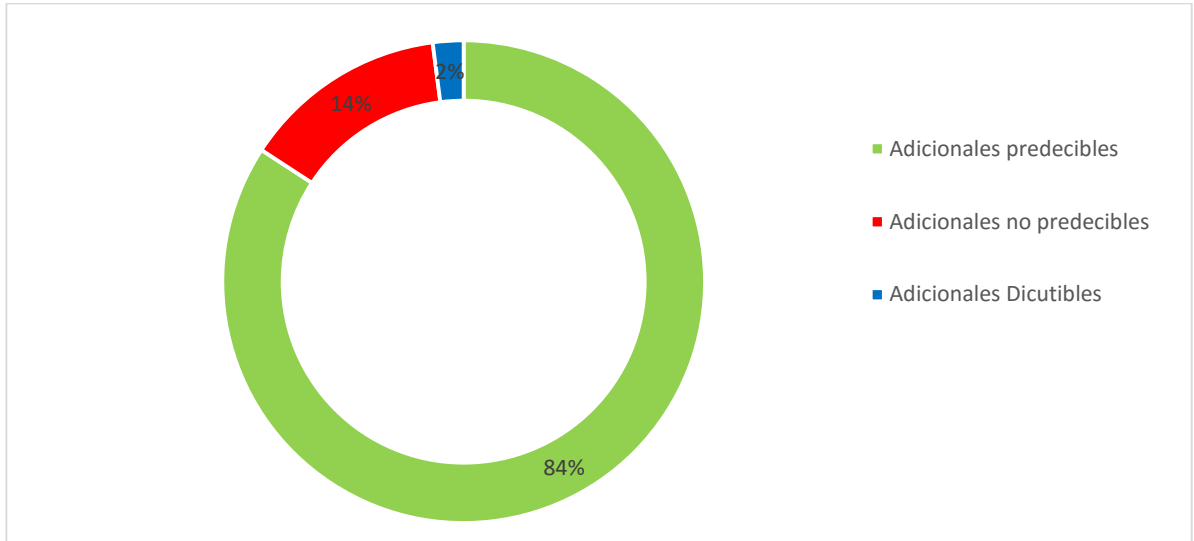
En la tabla se puede apreciar que la mayoría de adicionales tiene que ver con indefiniciones de proyectos los cuales a la hora de ser solicitados tuvieron además demora en la entrega de la información por lo cual se produjo un aumento de plazo de 3 meses.

Para el análisis de los adicionales se categorizaron de la siguiente manera:

- **Adicionales Predecibles:** Estos son problemas relacionados a los proyectos que podrían haberse previsto si se hubiera realizado una coordinación de especialidades, ósea haber dedicado más tiempo al etapa de diseño del proyecto.
- **Adicionales no Predecibles:** Estos tiene relación con situación ajena al proyecto, ya sean alzas en los productos especificados, alzas del fierro, etc.
- **Adicionales Discutibles:** Estos tienen un carácter de discutibles por tiene la condición de ambigüedad de quien es el responsable, por ejemplo el proyecto eléctrico marca un alimentador hasta una caja, y el proyecto sanitario dice que el proyectista eléctrico debe llegar hasta el equipo, cual prevalece.

Adicionales predecibles	12,386,04 UF
Adicionales no predecibles	2114,83 UF
Adicionales Discutibles	606,01 UF
<b>Total adicionales</b>	<b>15106,88 UF</b>

TABLA 6. 4 ADICIONALES PREDECIBLES, NO PREDECIBLES, DISCUTIBLES  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



GRAFICOS 6.1 PORCENTAJE DE RDI PREDECIBLES. NO PREDECIBLES Y DISCUTIBLES  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En el grafico 6.1 muestra que los adicionales o OOOE predecibles alcanzan al 84% de total, lo que da a entender que son perfectamente evitables a través de una coordinación anticipada en la etapa de diseño del proyecto, por lo cual no representarían un adicional para la inmobiliaria en la etapa de construcción.

## 6.1 Antecedentes de la implementación de TIC en un proyecto inmobiliario.

### Inmobiliaria

Para efecto del análisis comparativo del proyecto vamos a crear el departamento de coordinación dentro de la estructura de la inmobiliaria, el esquema quedaría configurado de la siguiente manera.



FIGURA 6.1 ESQUEMA PROPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEPARTAMENTO BIM DENTRO DE LA INMOBILIARIA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para este modelo de gestión al tener incorporado un coordinador de proyecto BIM, se realiza un trabajo de coordinación más intensivo y coordinado bajo protocolos de entregas los cuales deben ser revisados y derivados en un tiempo oportuno, otra ventaja comparativa es al trabajar bajo un único modelo se garantiza la correlación entre las EETT y planos de detalle aminorando las cantidad de consultas en la etapa de propuesta y de adicionales dentro del proceso de construcción.

Una ventaja comparativa de tener un modelo único es que se pueden generar todo tipo de bases de datos respecto al proyecto, se puede llevar un control de avance y generar los estados de pago respecto a dichos avances, se puede realizar procesos de escrituración asignado a cada unidad vendible, se puede gestionar un programa de mantenencias a los distintos elementos del edificio por

ejemplo a los ascensores, equipo de bombas, equipo de clima, etc., y así poder mejorar el proceso de administración del edificio una vez entregado.

## Constructora

La estructura propuesta para la habilitación de un departamento BIM dentro de una constructora es la siguiente

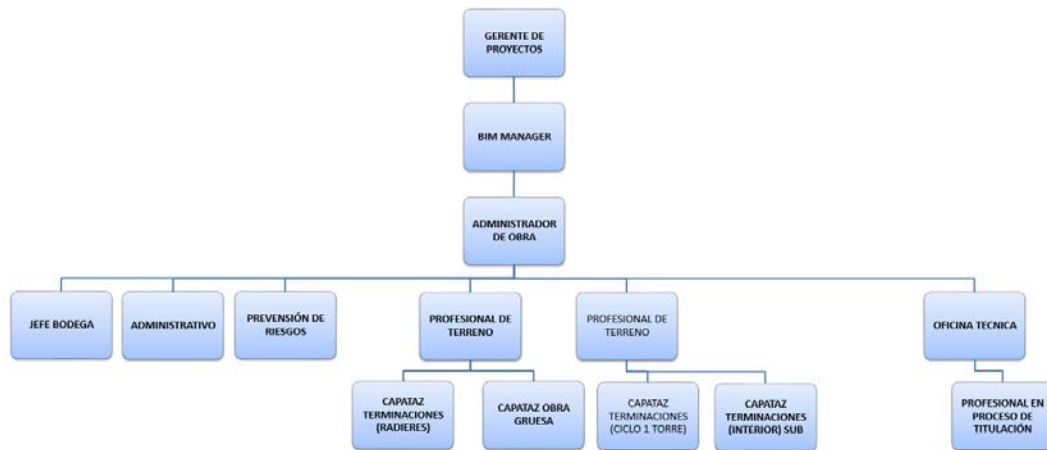


FIGURA 6.2 ESQUEMA PROPUESTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEPARTAMENTO BIM DENTRO DE UNA OBRA.  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La implementación de un departamento tecnológico en una empresa constructora debiera implementarse desde la etapa de propuesta con un modelo de estudio, la información de este, sería esencial a la hora de cerrar el presupuesto de licitación.

Con esta estructura asociada a que el modelado del edificio se pueda realizar antes de que la propuesta se adjudique, se tiene la certeza de que las cubicaciones serán mucho más ajustadas, de que el proyecto vendrá con menos modificaciones respecto a trazados, con preguntas de EETT bien resueltas a la hora de la ejecución.

De esta manera se podrá llegar a un mejor precio ya que se estará trabajando con pérdidas más acotadas, elementos prefabricados antes de la obra, y con una programación más real introduciendo todas las variables que se quieran al modelo.

### **Modelo de Estudio**

Consiste en generar un modelo volumétrico en 3d dimensiones del proyecto a ser evaluado, la plantilla base de trabajo debe contener valores m<sup>2</sup> ya asignados a los materiales, de esta manera poder tener una aproximación de precio/m<sup>2</sup>, con ello a medida que se va desarrollando el modelo las tablas se van auto-completando. Lo importante es tener plantilla base con todas las partidas relevantes de un proyecto, excavaciones, hormigones, moldajes, muros cortina, ventanas, volcanitas, quincallerías, etc. Por otra parte al ir modelando se minimiza el riesgo de omitir partidas faltantes por la comprensión integral del proyecto si esto es cruzando con las especificaciones técnicas van apareciendo las inconsistencias entre dibujo y EETT.

Al desarrollar el modelo 3d, se minimiza el riesgo de omitir partidas faltantes por la comprensión integral del proyecto. Cubicación más ajustada a lo especificado.

## MODELO DE ESTUDIO

EDIFICIO TERRA OFFICE

Cubicación de  
Obra Gruesa

Item	Descripción	Un	Cant	PU UF
<b>20.2</b>	<b>Excavaciones y fortificaciones</b>			
20.2.1	Pilas	gl		
20.2.2	Excavación a máquina	m3	3.494,96	3.994,2
20.2.3	Excavación a mano	m3	237,6	
20.2.4	Lechada de cemento	m2	266,63	304,7
	<b>Subtotal</b>			
<b>20.3</b>	<b>Rellenos</b>			
20.3.1	Rellenos compactados	m3	100,6	
	<b>Subtotal</b>			
<b>20.4</b>	<b>Hormigón</b>			
20.4.1	Emplantillados	m2	345,6	
20.4.2	Hormigón fundaciones c/ hidrorrepelente	m3	237,6	
20.4.3	Hormigón pilares	m3	68,7	
20.4.4	Hormigón muros	m3	269,5	
20.4.5	Hormigón vigas	m3	161,5	
20.4.6	Hormigón losas	m3	534,2	
20.4.7	Hormigón escaleras	m3	0,1	
20.4.8	Hormigón sobrelasas terraza	m2	194,2	
20.4.9	Hormigón Pilas	m2	166,0	
20.4.10				
	<b>Subtotal</b>			
<b>20.5</b>	<b>Radieres</b>			
20.5.1	Radier armado sobre relleno compactado afinado mecánicamente	m2	1.005,9	
	<b>Subtotal</b>			
<b>20.6</b>	<b>Acero</b>			
20.6.1	Acero en barras A63-42H	kg		
20.6.2	Malla Acma C-139	m2	445,1	508,72
20.6.3	Vigas metálicas	kg	740,6	
20.6.4	Pilares metálicos	kg		
20.6.5	Perfiles en escaleras	kg	2.528,3	
	<b>Subtotal</b>			
<b>20.7</b>	<b>Moldaje</b>			
20.7.1	Moldaje fundaciones	m2	58,5	
20.7.2	Moldaje pilares	m2	694,3	
20.7.3	Moldaje muros	m2	1.796,0	
20.7.4	Moldaje vigas	m2	1.914,0	
20.7.5	Moldaje losas	m2	3.264,3	

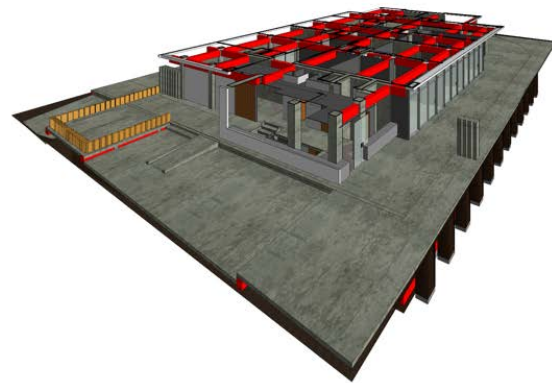


FIGURA 6.3 MODELO DE ESTUDIO

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A partir de este modelo ya se puede tener claridad de cuantos son los elementos que están en conflicto y se puede realizar una aproximación de cuántos serán los adicionales por este concepto. Esta información puede ser crucial a la hora de realizar el presupuesto de licitación ya que podría ocuparse ese diferencial para crear el valor agregado a la propuesta y de esta manera adjudicarse la obra.

## **Modelo Constructivo**

Una vez adjudicada la obra se puede tomar el modelo de estudio y potenciarlo o directamente generar un modelo nuevo que lo denominaremos modelo constructivo.

El modelo constructivo consiste en construir el edificio antes de hacerlo en la realidad, por ello se puede planificar secuencias y procesos una y otra vez, hasta llegar al óptimo resultado, por ejemplo ubicación de la instalación de faenas, patios de fierro, ubicación de grúas, carga y descarga de camiones etc.

Otra de las ventajas, es que se puede programar los ciclos de hormigonado, se pueden cuantificar moldajes, se pueden anticipar problemas de ejecución, ya que se tiene un completo entendimiento del edificio, se puede tener la certeza de que el modelo tenga incorporadas todas las instalaciones y cruce que se generan entre proyectos, de ahí generar un plano de pasadas que baje a terreno.

Proporciona además listado de materiales para la realización de compras dosificadas en el tiempo, de esta manera se puede organizar de mejor manera la bodega.

Otro punto importante en la obra son los escombros generados a medida que se va avanzando, con una buena planificación se pueden generar planos de cortes para cerámico, volcanitas, revestimientos, etc., cosa de subir los materiales dimensionados y no generar escombros para luego tener que bajarlos (Doble trabajo)



- PROYECTO GRAN MARINO  
 DEPARTAMENTO TORRE A
- MODELADO DE TERMINACIONES
  - DETALLES CONSTRUCTIVOS
  - CUBICACIONES DE ELEMENTOS DE TABIQUERÍA

MODELO DE  
 CONSTRUCCIÓN

01 VOLCOMETAL			
TIPO DE ELEMENTO	PISO	TIPO DEPTO	CONTEO
Esquinero Huincha 1: Esquinero Huincha			
Esquinero Huincha 1	6	4A1	7
metalcon esquinero: metalcon esquinero			
metalcon esquinero	6	4A1	12
Metalcon tabiques: Montante Economico de 38			
Metalcon tabiques	6	4A1	141
PILAR DE MADERA: 2" x 2"			
PILAR DE MADERA	6	4A1	14
Union Huinchas Planchas: Union Huinchas Planchas			
Union Huinchas Planchas	6	4A1	13
			187

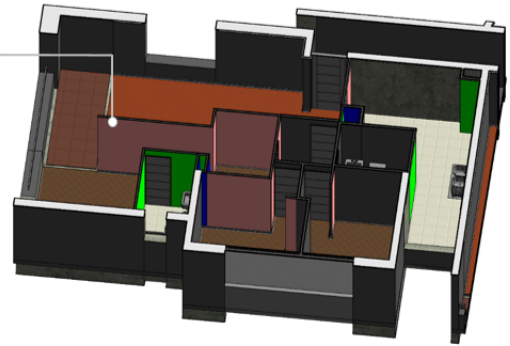


FIGURA 6.4 MODELO CONSTRUCTIVO  
 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con el desarrollo de este modelo se puede tener un mayor control en la programación y gestión de obras, se puede revisar con mayor acuciosidad partidas de materiales, dándole una cuantía mucho más precisa y con menos perdidas, y por último se tiene la posibilidad de evaluar el desarrollo de elementos prefabricados y su incorporación en costo y tiempo a la obra.

Durante el avance de la obra este modelo sirve también para poder sacar rendimientos y poder realizar correcciones durante el proceso, también se pueden revisar los avances y estados de pago de los subcontratos.

## **6.2 Implementación en términos contractuales**

El trabajo realizado a través de BIM genera un cambio metodológico que involucra a los principales actores de un proyecto inmobiliario, de esta manera, es fundamental acotar y definir las responsabilidades de cada uno desde un comienzo. Los contratos de BIM por lo general aún no están bien resueltos, ya que conlleva definir responsabilidades, responsables y procesos.

Los contratos requieren que los responsables tengan un profundo conocimiento de sus procesos y alcances de su trabajo, para una empresa que se inicia es recomendable que se haga asesorar por una oficina con experiencia o contratar una empresa consultora de proyectos BIM, ya que debe definirse de manera clara las funciones y asignaciones de responsabilidades de cada miembro del proceso.

Para la implementación y responsabilidades el Instituto Americano de Arquitectos (AIA), los contratistas Generales Asocados (AGC), y el instituto de diseño y construcción de America (DBIA) tienen los documentos que marcan la relación entre las interdisciplinas que intervienen en el proyecto, esto llevado a un contrato, se han preocupado de generar y definir los roles y responsabilidades dentro de un equipo y durante su gestión.

### 6.3 Costo de la implementación de tecnología.

Para la evaluación del proyecto desarrollado con un sistema BIM se analizarán desde el punto de vista de la implementación dentro de la empresa de un departamento BIM como también la subcontratación de este servicio.

#### Inmobiliaria

Para la implementación de un departamento de Bim en una inmobiliaria, tendría la siguiente estructura, constaría de un Bim manager, su labor dentro del equipo es administrar las plantillas de trabajo, ordenar y gestionar el trabajo colaborativo entre los distintos dibujantes y realizar la entrega de material a los clientes, luego tendríamos los modeladores de las distintas especialidades como arquitectura, calculo e instalaciones. El equipamiento consta de licencias de los software, computadores, impresoras y plotter, con el fin de hacer llegar la información a los especialistas y personal de terreno que requiera esta información.

EVALUACIÓN ECONÓMICA EQUIPO BIM EBCO		UN	PU (\$)	PRECIO TOT	24 MESES	1 MES
1 CAPITAL HUMANO (EQUIPO 4-6 PERSONAS)						7.492.500
1.1.	BIM MANAGER	1,35	2.500.000	3.375.000		3.375.000
1.2.	MODELADOR 1	1,35	1.250.000	1.687.500		1.687.500
1.3.	MODELADOR 2	1,35	900.000	1.215.000		1.215.000
1.4.	MODELADOR 3	1,35	900.000	1.215.000		1.215.000
2 EQUIPAMIENTO						1.155.292
2.1. EQUIPOS INFORMÁTICOS						
	ESTACIÓN DE TRABAJO	2	1.000.000	2.000.000	2.000.000	83.333
	LAPTOP	2	1.800.000	3.600.000	3.600.000	150.000
	IMPRESORA	1	120.000	120.000	120.000	5.000
	PLOTTER	1	2.500.000	2.500.000	2.500.000	104.167
2.2. LICENCIAS						
	LICENCIA REVIT 2016	4	3.750.000	15.000.000	15.000.000	625.000
	LICENCIA NAVISWORKS MANAGE	1	4.507.000	4.507.000	4.507.000	187.792
3 GASTOS GENERALES						920.000
3.1.	OFICINA (ARRIENDO + CONSUMOS)		800.000			800.000
3.2.	INSUMOS		120.000			120.000
4 CAPACITACIONES						200.000
4.1.	CURSOS Y DIPLOMADOS	2	1.200.000	2.400.000	4.800.000	200.000
TOTAL						9.767.792

TABLA 6.5 CÁLCULO DE IMPLEMENTACIÓN OFICINA DE COORDINACIÓN BIM

COSTOS ÁREA BIM		
COSTO DE FUNCIONAMIENTO	9.767.792	\$/MES
	380,81	UF/MES
PERIODO DE 3 MESES DE TRABAJO	1.142,43	UF
CAPACIDAD DE TRABAJO	75.000	M2
COSTO ÁREA BIM PERIODO DE 3 MESES	0,0152	UF/M2

TABLA 6. 6 COSTO AREA DE TRABAJO BIM PERIODO DE UN MES PARA UNA INMOBILIARIA

De la tabla 6.6 nos entrega la información que la implementación para la coordinación dentro de la inmobiliaria tendría un costo de 0.0152 UF/M2, para la modelación y coordinación de un edificio tipo de oficinas o departamentos.

### Constructora

Para el desarrollo de una oficina de proyectos Bim dentro de una empresa constructora, vamos a considerar que el equipo destinado para dicha función ya cuenta con experiencia previa y tiene varios metros cuadrados coordinados. Esta va a contar con un gerente de proyectos, el cual es el encargado de gestionar nuevos proyecto, reunirse con los mandantes y tener en cuenta la gestión y administración de varios proyectos simultáneos. Luego se considera un BIM Manager que su labor dentro del equipo es administrar las plantillas de trabajo, ordenar y gestionar el trabajo colaborativo entre los distintos dibujantes y realizar la entrega de material a los clientes. Para concluir los dibujantes quienes deben tener un grado de especialización, de este modo el proceso de modelado será calculo, arquitectura y otro las instalación. Se desglosa en la tabla 6.7, el equipamiento de software y hardware como así y también las licencias con que se debe contar para que la oficina pueda funcionar. Se establece un arriendo e insumos para el funcionamiento, también existe un ítem de capacitaciones para los trabajadores, esto con el fin de mantener a la empresa siempre actualizada.

Se considera un periodo de 2 años para la renovación de equipos

EVALUACIÓN ECONÓMICA EQUIPO BIM		UN	PU (\$)	PRECIO TOTAL	24 MESES	1 MES
1	CAPITAL HUMANO (EQUIPO 4-6 PERSONAS)					11.677.500
1.1.	GERENTE DE PROYECTOS	1,35	4.000.000	5.400.000		5.400.000
1.2.	BIM MANAGER	1,35	2.500.000	3.375.000		3.375.000
1.3.	MODELADOR 1	1,35	1.250.000	1.687.500		1.687.500
1.4.	MODELADOR 2	1,35	900.000	1.215.000		1.215.000
1.4.	MODELADOR 3	1,35	900.000	1.215.000		1.215.000
2	EQUIPAMIENTO					1.155.292
2.1.	EQUIPOS INFORMÁTICOS					
	ESTACIÓN DE TRABAJO	2	1.000.000	2.000.000	2.000.000	83.333
	LAPTOP	2	1.800.000	3.600.000	3.600.000	150.000
	IMPRESORA	1	120.000	120.000	120.000	5.000
	PLOTTER	1	2.500.000	2.500.000	2.500.000	104.167
2.2.	LICENCIAS					
	LICENCIA REVIT 2016	4	3.750.000	15.000.000	15.000.000	625.000
	LICENCIA NAVISWORKS MANAGE	1	4.507.000	4.507.000	4.507.000	187.792
3	GASTOS GENERALES					1.440.000
3.1.	OFICINA (ARRIENDO + CONSUMOS)		1.200.000			1.200.000
3.2.	INSUMOS		240.000			240.000
4	CAPACITACIONES					200.000
4.1.	CURSOS Y DIPLOMADOS	2	1.200.000	2.400.000	4.800.000	200.000
	TOTAL					15.080.292

TABLA 6. 7 CÁLCULO DE IMPLEMENTACIÓN OFICINA DE COORDINACIÓN BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

COSTOS ÁREA BIM		
COSTO DE FUNCIONAMIENTO	15.080.292	\$/MES
	587,93	UF/MES
PERIODO DE 3 MESES DE TRABAJO	1.763,78	UF
CAPACIDAD DE TRABAJO	75.000	M2
COSTO ÁREA BIM PERIODO DE 3 MESES	0,0235	UF/M2

TABLA 6. 8 COSTO AREA DE TRABAJO BIM PERIODO DE UN MES PARA UNA CONSTRUCTORA  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para un proyecto promedio de 35.000 m2. El tiempo de evaluación es aproximadamente 3 meses, en este periodo se revisan interferencias, incongruencias de planos, EETT inconsistentes, cubicaciones generales, actualización de planos, instalación de faenas, etc. Con esta modalidad de trabajo se puede analizar un proyecto, teniendo en consideración que los costos de implementación corresponde a 0.0235 UF/M2.

Para un proyecto de similares características se evaluaron distintas oficinas de prestaciones de servicio BIM encontrando su media en:

-Proceso de Modelado, cubicaciones Coordinación digital 0.03 UF/M2

-Secuencia constructiva BIM on site: 0.05 UF/M2

Total del servicio de coordinación 0.08 UF/M2

ANÁLISIS COMPARATIVO ÁREA CONSULTOR EXTERNO VS OFICINA PROPUESTA				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CONSULTOR EXTERNO (BIM WORKS)	ÁREA PROPUESTA CONSTRUCTORA	ÁREA PROPUESTA INMOBILIARIA
1	CAPACIDAD DE TRABAJO (3 MESES)	1 PROYECTO DE 35000 M2	1 PROYECTOS DE 35000M2	1 PROYECTOS DE 35000M2
2	MODELADO 3D - CUBICACIÓN	0,03	0,023	0,015
3	INFORME DE CUBICACIÓN			
4	MODELADO 3D AVANZADO			
5	COORDINACIÓN DIGITAL			
6	INFORMACIÓN COORDINADA			
7	INFORMES DE CUBICACIONES	0,05	0,02	0,015
8	SECUENCIA CONSTRUCTIVA			
9	BIM ON SITE			
10	MODELO AS BUILT	0,08	0,043	0,03
	TOTAL (UF/M2)			

TABLA 6. 9 CUADRO COMPARATIVO IMPLEMENTACIÓN BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Lo que podemos desprender la tabla 6.9 es que el modelado, detección de interferencias, coordinación digital y cubicaciones generales tiene un costo relativamente similar, siendo la gran diferencia en la secuencia constructiva (bim on site) que las empresas externas tiene un promedio de 0.05 valor mucho más alto, la constructora como la inmobiliaria pueden bajar este costo ya que la oficina siempre está ligado al proyecto y realizan tareas de seguimiento y control.

#### **6.4 Metodología de Entrega, Control y seguimientos**

Para la puesta en marcha de un departamento Bim tienen que constarse que ciertos preceptos a cumplir, se deben cuantificar las horas de trabajo dedicadas a cada especialidad, se deben definir plazos de modelado, coordinación , en donde se realicen todos los proceso de superposición de especialidades, generación de los informes y reunión con los especialistas.

Ya que el proceso de estandarización de los protocolos de entrega en Chile aún no existe ningún tipo de documento ni TXT que contemple las condiciones en que un proyecto tiene que ser entregado y visualizado, queda a las buenas prácticas y estándares que maneja cada oficina, si bien el CDT se está tratando de generar dicho documento normativo aún no se tienen noticias, estos tipo de protocolos en Reino unidos y Estados Unidos ya están completamente actualizados y son parte de las entregas de proyectos.

Para generar el proceso de trabajo de manera óptima, se deben generar flujos de trabajo asociados a cada especialidad, de esta manera se trabaja en paralelo con un mismo modelo mientras se va actualizando a medida de que todos los involucrados aporten con las actualizaciones de sus modelos.

Para un proyecto de baja complejidad de una superficie aproximada de 20.000 m<sup>2</sup>, se establecen protocolos de entrega, como siempre se está en contra del tiempo se establece prioridades de entrega, siendo la primera considerada hasta cota 0 (ver Figura 6.5), teniendo ese umbral de tiempo se establecen protocolos de modelado y estándares asociados a cada especialidad, se generan las consultas pertinentes RDI a cada especialidad.

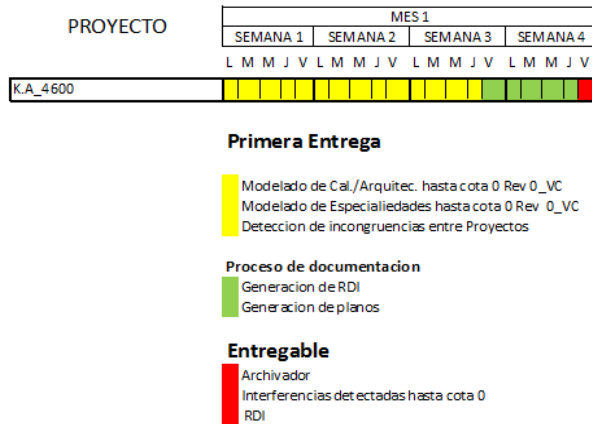


FIGURA 6.5 MODELO DE ENTREGA HASTA COTA 0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

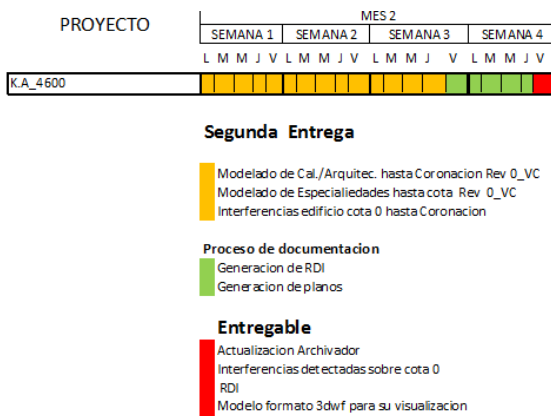
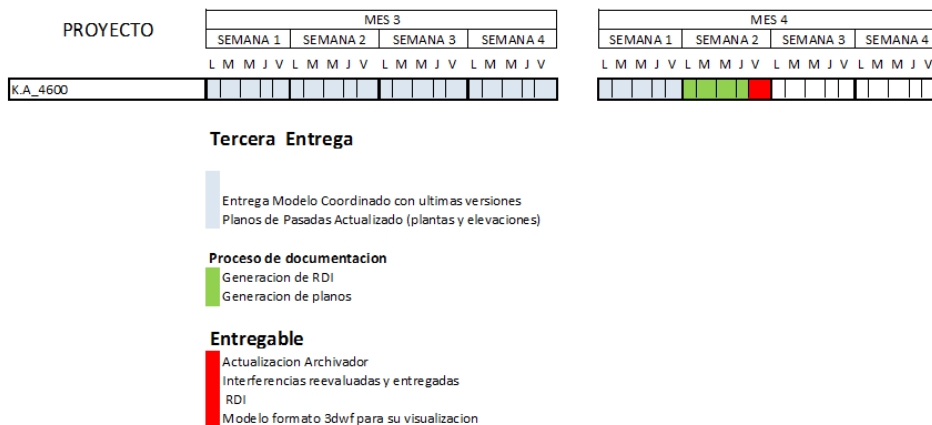


FIGURA 6.6 MODELO DE ENTREGA HASTA CUBIERTA

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA





Para el orden de la información se genera un archivador de entrega y seguimiento, donde se incorporan todas las RDI y planos necesarios para mostrar las incongruencias entre especialidades, estas RDI tiene un formato donde se deja en evidencia a que especialidades pertenece, plano de referencia del modelo, etapa, versión del plano, ver figura 6.7.


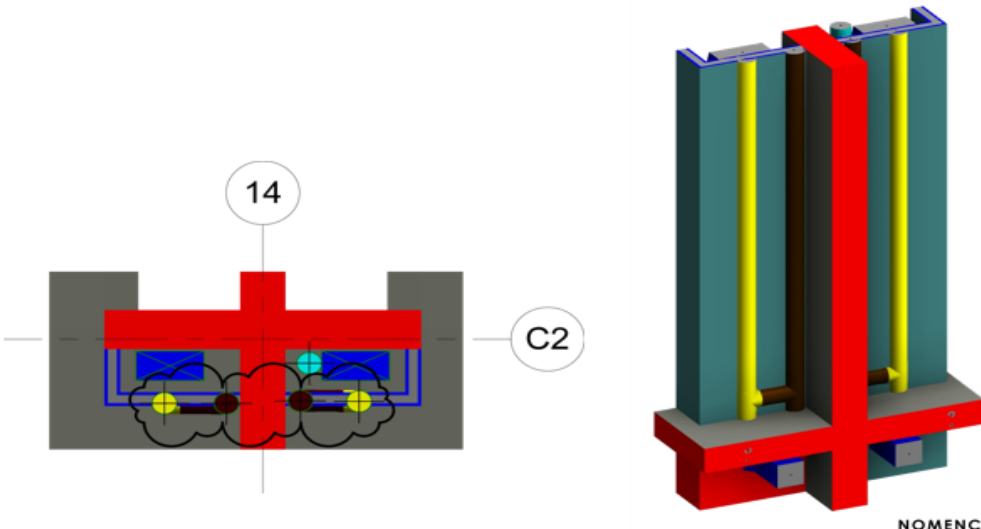
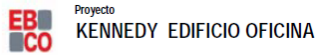
		REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN				RDI N°:		70	
						Rev:	0	Fecha:	30/09/2015
<b>A.- IDENTIFICACIÓN</b>									
<b>A.1</b> Proyecto: Kennedy Arquella-Left Etapa: Obra Gruesa Sector: Cocina Especialidad: Arquitectura - Alcantarillado Status:					<b>A.2</b> N° Entrega: 2 Nombre archivo: RDIZAR0_ALC Plano de referencia: V2.24-04-2015 V2.08-05-2015				
<b>A.3 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RDI</b> Nombre: Magdalena Sata Cargo: Of. Técnica									
<b>B.- IDENTIFICACIÓN DEL TEMA A TRATAR</b>									
Interferencia entre tabique y tuberías de alcantarillado. Alcantarillado en piso 3 se desfasa y no sigue la verticalidad de los pisos inferiores.									
									
<b>NOMENCLATURA</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>VENTILACIÓN CLIMA</li> <li>CALEFACCIÓN CLIMA</li> <li>DESCARGA ALCANTARILLADO</li> <li>VENTILACIÓN ALCANTARILLADO</li> <li>AGUA POTABLE FRÍA</li> <li>AGUA POTABLE CALIENTE</li> <li>RED SECA</li> <li>ELÉCTRICO</li> <li>AGUAS LLUVIAS</li> </ul>									
<b>C.- SOLUCIÓN Y/O COMENTARIOS</b>									
<div style="display: flex; justify-content: space-between; border-top: 1px dashed black; margin-top: 20px;"> <span>Fecha:</span> <span>Nombre:</span> <span>Firma:</span> </div>									

FIGURA 6.7 RDI TIPO DE PRESENTACION

Para el orden de trabajo se debe generar un listado de RDI, que incluya la especialidad, número, una descripción base del problema, nivel, en que encuentra, ejes, versión de plano utilizada y en qué etapa se encuentra.



	N° RDI		Nombre del archivo	DESCRIPCION	NIVEL	EJE N°	EJE LETRA	VERSION UTILIZADA	ETAPA
CAL / ALC	1	1	RDI N°1 CAL / ALC	Descargas de alcantarillado chocan con fundaciones. Ademas la se intersecta con una viga.revisar con calculo.	FUN	10A	G1	SAN_ALC_SUBTE -5_Rf_23.03.2015	1
	2	2	RDI N°2 CAL / ALC		-5	9A	Q1	SAN_ALC_SUBTE -5_Rf_23.03.2015	1
	3	3	RDI N°3 CAL / ALC	Avance ducto desde sentia a camara elevadora se intersecta con una viga, revisar con calculo. Ademas la bajada propuesta queda en medio del pasillo de circulacion	-5	10A	G1	SAN_ALC_SUBTE -5_Rf_23.03.2015	1
	4	4	RDI N°4 CAL / ALC	Avance ducto descarga sanitaria de camarines nivel -3, choca con viga	-4	13A	R1	SAN_ALC_SUBTE -4_Rf_23.03.2015	1
	5	5	RDI N°5 CAL / ALC	Avance de alcantarillado choca con vigas	-4	10A	M1	SAN_ALC_SUBTE -4_Rf_23.03.2015	1
CAL / ALL	20	20	RDI N°20 CAL / ALC	No se identifican pasadas en losa todos los pisos	-1	9A	P1	SAN_ALC_SUBTE -1_Rf_23.03.2015	1
	29	9	RDI N°9 CAL / ALL	Bajada de aguas lluvias choca con vigas, ademas disminuye ancho libre del estacionamiento (revisar ancho libre con arquitectura)	-3	11A	M1A	SAN_ALL_SUBT -3_RE_23.03.15	1
	30	10	RDI N°10 CAL / ALL	Avance horizontal de ducto de aguas lluvias choca con vigas.	-3	11A	L1	SAN_ALL_SUBT -3_RE_23.03.15	1
	31	11	RDI N°11 CAL / ALL	Avance horizontal y cambio de direccion de ducto de aguas lluvias choca con vigas.	-3	11A	G1	SAN_ALL_SUBT -3_RE_23.03.15	1
CAL / AP	33	13	RDI N°13 CAL / ALL	Pasadas en muro perimetral no aparecen en calculo.	-1	6A	R1	SAN_ALL_SUBT -1_RE_23.03.15	1
	36	3	RDI N°3 CAL / AP	Arranque de agua potable, en su trazado aparece a la vista en el primer subte.	-1	8A	V1	SAN_AP_SUBTE -1_RE_23.03.2015	1
	37	4	RDI N°4 CAL / AP	Arranque de siamesas, en su trazado aparece a la vista en el primer subte.	-1	11A	V1	SAN_AP_SUBTE -1_RE_23.03.2015	1
CAL / ELEC	40	3	RDI N°3CAL / ELEC	Ductos de chilectra chocan con muro, faltan pasadas en calculo	-2	7A	P1	ELEC_SUBT -2 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
	41	4	RDI N°4 CAL / ELEC	Escaleras pasan por pilar estructural, falta pasada en losa	-2	6A	Q1	ELEC_SUBT -2 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
	42	5	RDI N°5 CAL / ELEC	Escalera y ductos de alimentacion de la sala electrica pasan por vigas	-1	6A	R1	ELEC_SUBT -1 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
	43	6	RDI N°6 CAL / ELEC	Ductos de alimentacion de la sala electrica pasan por muros. Se debe considerar una pasada.	-1	10A	U1	ELEC_SUBT -1 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
	44	7	RDI N°7 CAL / ELEC	Escalera corrientes debiles pasa a traves de un muro, se requiere pasada de calculo	-1	9A	G1	ELEC_SUBT -1 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
CAL / CLI	46	1	RDI N°1 CAL / CLI	Pasada de clima dice que debe ser de 65 x 65 cm. Pero al pasar por la viga de calculo se reduce su seccion, confirmar que no hay problema.	-5	6A	Q1	CLIMA_SUBT -5_RG_15.11.14	1
	47	2	RDI N°2 CAL / CLI	Pasada de clima dice que debe ser de 65 x 65 cm. Pero al pasar por la viga de calculo se reduce su seccion, confirmar que no hay problema.	-5	4A	H1	CLIMA_SUBT -5_RG_15.11.14	1
	51	6	RDI N°6 CAL / CLI	Falta pasada en viga, o bajar ducto de clima, revisar altura libre o trazado	-1	13A	M1A	CLIMA_SUBT -1_RG_15.11.14	1
CAL / ALL / ELE	52	1	RDI N°1 CAL / ALL / ELE	Interseccion entre malla a tierra, dados de fundacion de calculo, dren de aguas lluvias y camaras de inspeccion.	FUN	11A	Q1	ELEC_SUBT -5 SALA ELECTRICA_RA_15.12.2014	1
ELEC / ALC	53	1	RDI N°1 ELEC_ALC	Descarga Sanitaria queda sobre acometidas electricas	-2	7A	Q1		1
	54	2	RDI N°2 ELEC_ALC	Escalera electrica se intersecta con descarga sanitaria	-2	11A	P1		1
ARQ_ELEC	55	1	RDI N°1 ARQ_ELEC	Recorrido escaleras pasan por dentro de una bodega	-2	6A	Q1		1

TABLA 6.10 LISTADO DE RDI COORDINACIÓN DEPARTAMENTO BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el control de cada Proyecto se lleva un registro de las horas dedicadas al modelado de cada especialidad, de esta manera se puede además tener llevar un control de horas dedicadas por especialidad y proyecto. Además se lleva un control de las horas de coordinación y documentación de las mismas.

# Rosario Rosales

## ETAPA 1



Mandante  
Representante Legal

Cordinador                    Rene Espinoza  
Bim Manager                Andres Menares  
Fecha de Inicio              20/04/2015  
Fecha de Terminó  
Duracion del Proyecto

Horas Modelado              457  
Horas Coordinacion        97  
Horas Totales                554  
Horas Proyectadas         540

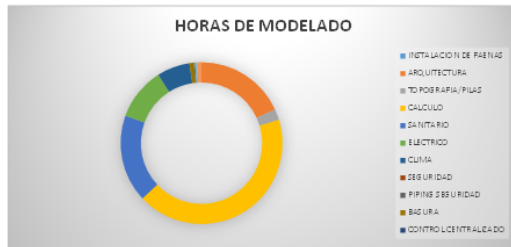


FIGURA 6. 8 ESQUEMA DE FORMATO DE REGISTRO DE HORAS TRABAJO BIM  
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Existe una modalidad llamada BIM on site, este término tiene relación con el seguimiento y asesoramiento que se realiza a cada obra, esta puede ser a tiempo completo dependiendo de la complejidad y tamaño de la obra o de visitas periódicas para realizar análisis de avance, programación y seguimiento.

## **CAPITULO 7. RESULTADOS**

Para el análisis del resultado revisaremos el proyecto según los datos duros arrojados por el costo de proyecto para la inmobiliaria y el costo neto de la constructora, se evaluó la mejora de estos proyectos en virtud de un proceso tecnificado en relación a un proyecto optimizado. Se analizó el resultado de los adicionales y se clasificaron en la categoría de evitable, inevitable y discutibles, con esto logramos identificar y ponderar las OOEE.

Los resultados analizados tienen directa relación con el proyecto estudiado en el entendido que cumple con las características de construcción y precios de mercado de cualquier proyecto de construcción se estandarizan los resultados.

Para el análisis de beneficios ponderaremos estos factores de costo de implementación de un departamento BIM versus sus beneficios y realizaremos un análisis de retorno sobre la inversión (ROI-Return on investment)

### **7.1 Fundamento de las desviaciones**

Las desviaciones o aumentos de costos evaluados para el proyecto inmobiliario, van en directa relación al desarrollo del diseño del proyecto y de agentes externos o imprevistos de obra. A mayor sea la certeza de los imprevistos menores variaciones tendremos al final del proyecto.

Las Obras extraordinarias tiene directa relación con el diseño en el periodo de estudio y coordinación de proyecto, estas según los estudios realizados tienen un 82 % del valor de todos los adicionales asignados al proyecto. Por otra parte los adicionales extraordinarios o inevitables corresponden al 14% del total, estos debieran ser considerados en la evaluación económica inicial. Para el proyecto analizado corresponde al 0.7% de adicionales inevitables.

Otro factor importante en el desarrollo de un proyecto inmobiliario es el tiempo, debido a las demoras en la entrega de información, en la demora en las respuestas a las consultas la obra sufrió un atraso de 3 meses, la obra tenía un plazo de ejecución de 15 meses, y quedo en 18 meses, los gastos generales al final de la obra superaban las 500 UF mensuales, se logró a un acuerdo con la inmobiliaria y solo se cobró la mitad de este monto. La constructora tuvo atrasos durante la obra, con la curva de hormigones siempre se mantuvo abajo por 2 a 3 semanas teniendo que inyectar recursos a la hora de las terminaciones. Otro atraso importante fue el de los muros cortinas, estos tuvieron un atraso de 3 semanas.

## 7.2 Mediciones

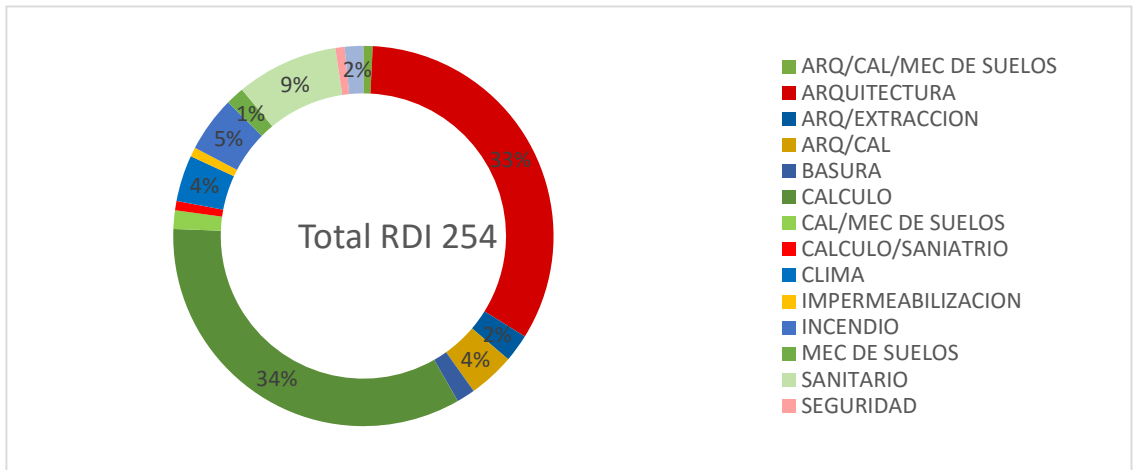
Las mediciones se realizaron de acuerdo a los estándares de consultas y respuestas realizados durante el desarrollo del proyecto, además se verifican con los estados de avance y adicionales entregados a la inmobiliaria, de este modo se tiene una visión desde los dos actores.

Las RDI son consultas que se realizan a los distintos especialista debido a falta información o no se entiende el desarrollo de algún elemento en particular de sus planos o especificaciones técnicas, de esta manera durante el desarrollo de la obra se producen estos requerimientos de información a las distintas especialidades, ver tabla 7.1.

RDI / Edificio Tantum		%
ARQ/CAL/MEC DE SUELOS	2	1%
ARQUITECTURA	84	33%
ARQ/EXTRACCION	6	2%
ARQ/CAL	10	4%
BASURA	4	2%
CALCULO	86	34%
CAL/MEC DE SUELOS	4	2%
CALCULO/SANIATRIO	2	1%
CLIMA	10	4%
IMPERMEABILIZACION	2	1%
INCENDIO	12	5%
MEC DE SUELOS	4	2%
SANITARIO	22	9%
SEGURIDAD	2	1%
VSL	4	2%
<b>TOTAL</b>	<b>254</b>	<b>100%</b>

TABLA 7.1 RESULTADO DE LAS RDI DE OBRA

Al ver los resultados datos arrojados de tabla de RDI del edificio, queda en evidencia que la mayor cantidad de incongruencias y falta de información corresponde a la especialidad de arquitectura y calculo teniendo el 33% y 34% respectivamente, seguido por el proyecto sanitario con un 9%,



GRAFICOS 7. 1 GRAFICO RDI DEL PROYECTO

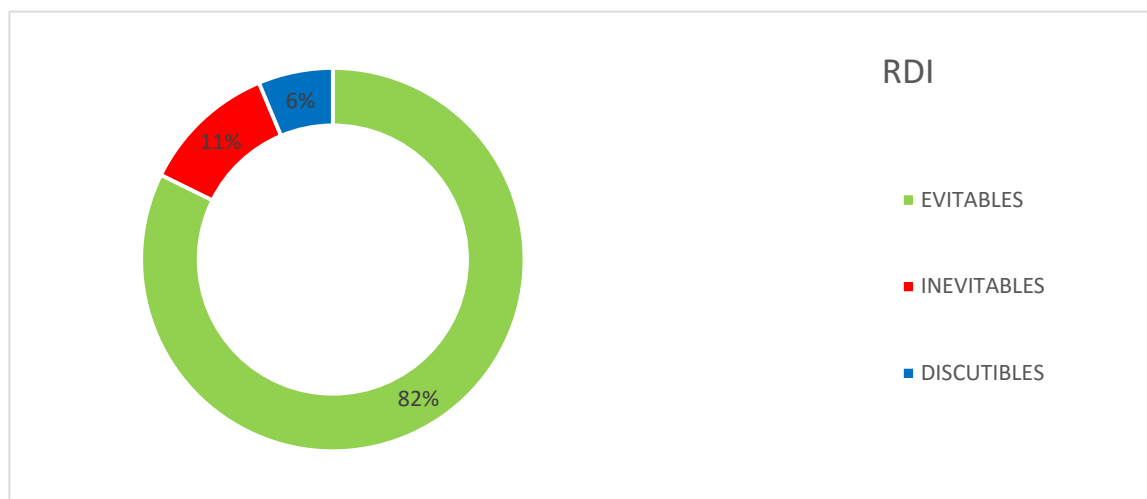
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el análisis de las RDI generadas durante el proceso de obra fueron clasificadas en las siguientes categorías: Evitables, Inevitables y discutibles

RDI / Edificio Tantum		EVITABLES	INEVITABLES	DISCUTIBLES
ARQ/CAL/MEC DE SUELOS	2	2	0	0
ARQUITECTURA	84	68	8	8
ARQ/EXTRACCION	6	4	1	1
ARQ/CAL	10	7	3	0
BASURA	4	4	0	0
CALCULO	86	72	9	5
CAL/MEC DE SUELOS	4	4	0	0
CALCULO/SANIATRIO	2	2	0	0
CLIMA	10	7	2	1
IMPERMEABILIZACION	2	2	0	0
INCENDIO	12	10	2	0
MEC DE SUELOS	4	3	1	0
SANITARIO	22	19	2	1
SEGURIDAD	2	2	0	0
VSL	4	3	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>254</b>	<b>209</b>	<b>29</b>	<b>16</b>

TABLA 7. 2 RESULTADO DE LAS RDI EVITABLES, INEVITABLES Y DICUTIBLES

Lo que grafica la tabla 7.2 son las consultas o RDI que podrían haber sido evitables a través de una coordinación en la etapa de diseño.



GRAFICOS 7. 2 RDI EVITABLES, INEVITABLES Y DISCUTIBLES

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para la evaluación de costo de la implementación de un mejoramiento tecnológico a nivel de diseño de proyecto, estamos referidos a los valores obtenidos de la tabla 6.9, que tiene relación con el costo de implementación. Para el proyecto base de 14.779 m2 construidos nos genera los siguientes valores de la tabla 7.3

El proyecto solo será evaluado en la etapa de diseño y generación de información referida a interferencia y cubicaciones generales, no al seguimiento en Obra.

<b>COSTO IMPLEMENTACION TECNOLOGICA PARA PROYECTO BASE</b>		
<b>EXTERNO</b>	<b>CONSTRUCTORA</b>	<b>INMOBILIARIA</b>
0,03 %	0,0235 %	0,0152 %

<b>PROYECTO EXTERNO</b>	<b>PROYECTO CONSTRUCTORA</b>	<b>INMOBILIARIA</b>
443,4	347,3	224,6

TABLA 7. 3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN ALTERNATIVAS PROYECTO

Para el proyecto de construcción con un costo neto de 203.580 UF, tenemos la siguiente tabla para el cálculo del porcentaje que representa la implementación sobre la inversión.

<b>PROYECTO EXTERNO</b>	<b>PROYECTO CONSTRUCTORA</b>	<b>INMOBILIARIA</b>
0,22 %	0,17 %	0,11 %

TABLA 7.4 PORCENTAJE DE LA IMPLEMENTACIÓN EN LOS ACTORES

Nos arroja que para el proyecto externo tiene 0.22 % del costo de construcción, si el proyecto lo implementara la constructora seria de un 0.17% y el porcentaje más bajo y con menor costo de implementación corresponde a la inmobiliaria con un 0.11%.



Vamos a evaluar es el porcentaje de los adicionales respecto al costo de implementación versus los adicionales considerados evitables en los distintos escenarios propuestos:

**Pesimista:** Si se implementara la coordinación se detectaría un 50% del total de las interferencias.

**Probable:** El escenario probable consiste en la detección del 80 % de las descoordinaciones del proyecto.

**Favorable:** En este caso se descubre el 100% de las descoordinaciones.

	Favorable 100%	Costo implementación	Porcentaje del costo de adicionales
<b>Proyecto Externo</b>	12386	443,37	3,58 %
<b>Proyecto Constructora</b>	12386	347,30	2,80 %
<b>Inmobiliaria</b>	12386	224,64	1,81 %

TABLA 7. 5 PORCENTAJE COSTO IMPLEMENTACIÓN RESPECTO AL TOTAL DE ADICIONALES FAVORABLE

Los valores que arroja la tala 7.5 es el porcentaje del costo de implementación versus el monto total por concepto de adicionales, para esta tabla tenemos la detección del 100% de las incongruencias, seleccionaremos la media e realizaremos la conversión a pesos. Si se considera que los adicionales son \$303.457.000 y la implementación tiene un costo de \$8.508.850, se obtiene el costo de la implementación corresponde la tasa de 3.71%.

El delta de ahorro en el costo del proyecto que se obtiene es de \$294.948.150 millones sobre el costo de construcción neto.

	Probable 80%	Costo implementación	Porcentaje del costo de adicionales
<b>Proyecto Externo</b>	9908	443,37	4,47 %
<b>Proyecto Constructora</b>	9908	347,30	3,51 %
<b>Inmobiliaria</b>	9908	224,64	2,27 %

TABLA 7. 6 PORCENTAJE COSTO IMPLEMENTACIÓN RESPECTO AL TOTAL DE ADICIONALES PROBABLE

En la tabla 7.6 se muestra es el escenario más probable a la hora de analizar un proyecto, analizaremos la media de la tabla y los valores llevados a pesos significaría que con una inversión de \$8.508.850, se ahorrarían en adicionales \$242.746.600, ósea aplicar esta tecnología equivale a un 4,64% de los adicionales de obra. Ahorro en los costos del proyecto \$234.237.150

	Pesimista 50%	Costo implementación	Porcentaje del costo de adicionales
<b>Proyecto Externo</b>	6193	443,37	7,16 %
<b>Proyecto Constructora</b>	6193	347,31	5,61 %
<b>Inmobiliaria</b>	6193	224,64	3,63 %

TABLA 7.7 PORCENTAJE COSTO IMPLEMENTACIÓN RESPECTO AL TOTAL DE ADICIONALES PESIMISTA

Para la tabla 7.7 se muestra un escenario pesimista, donde el trabajo de detección y coordinación fue deficiente, solo se consigue detectar el 50% de los conflictos. De igual manera se tiene la misma inversión \$8.505.850, y se podría optimizar el proyecto en \$151.728.500 dejando un delta de \$143.222.650.

El ROI se define como el retorno de la inversión, es una medida de rentabilidad tiene que va en directa relación al costo inversión y beneficio del proyecto. De esta manera para calcular el ROI del proyecto necesitamos saber cuánto fue el costo de la implementación y cuanto fue el beneficio obtenido.

Costo del proyecto	Proyecto	Costo Bim	Beneficio Bim	Costo Bim /Proyecto (%)	Beneficio Bim /Costo proyecto (%)	Roi Bim (%)
203,580	Edificio Tantum	0,347	9,908	0,14	4,07	2855%

TABLA 7. 8 CALCULO DEL ROI PROYECTO TANTUM

Lo que se muestra en la tabla 7.8 es el porcentaje de rentabilidad sobre el costo de implementación que corresponde a 2855%, lo que quiere decir que el costo de inversión fue de 347UF y la rentabilizada o utilidad lograda corresponde a 9.908 UF

Para tener una referencia de proyectos realizados y evaluados con ROI en Chile y el mundo se presenta la siguiente tabla:

Costo del proyecto	Proyecto	Costo Bim	Beneficio Bim	Costo Bim /Proyecto (%)	Beneficio Bim /Costo proyecto (%)	Roi Bim (%)
45.000.000	Acuario Hilton	90.000	600.000	0,20	1,33	667%
98.000.000	Edificio medico Camino	410.000	3.000.000	0,42	3,06	732%
150.000.000	Data center	110.000	220.000	0,07	0,15	200%
28.000.000	Ampliación Clínica Dávila	27.000	65.000	0,10	0,23	241%
76.000.000	Planta de tratamiento	40.000	150.000	0,05	0,20	375%
250.000.000	Centro de la Música	100.000	500.000	0,04	0,20	500%
200.000.000	Edificio Oficina	50.000	3.000.000	0,03	1,50	6000%
100.000.000	Centro comercial	40.000	575.000	0,04	0,58	1438%
250.000.000	Campus Universitario	400.000	16.800.000	0,16	6,72	4200%
26.000.000	Gran Santiago	59.000	360.000	0,23	1,38	610%
20.000.000	Mall Paseo Estación	38.000	120.000	0,19	0,60	316%
9.000.000	Ángel Cuchaba	31.000	11.000	0,34	0,12	35%
7.830.000	Tantum	13.079	281.938	0,14	4.07	2855%
	Promedio			0,16	1,41	

TABLA 7. 9 CALCULO DEL ROI PROYECTO DE PROYECTOS HECHOS EN CHILE  
FUENTE: ADAPTACION SALDIA 2012

Los antecedentes que aparecen en la tabla 7.9 nos muestran promedios de distintos proyectos y tipologías por lo cual no es aplicable directamente a una tipología en particular, pero si pueden ser usados para realizar estimaciones más precisas. Se puede apreciar que mientras más alto el costo del proyecto la implementación BIM tiene un costo marginal, por lo que a mayor costo del proyecto mayores serían los beneficios de la implementación de esta tecnología.

Para el cálculo del porcentaje de utilidad de la implementación de tecnología vamos a ocupar del gráfico de 6.4 de donde extraeremos el valor de los adicionales predecibles que equivale a 12.386 UF versus el costo de construcción 203.850 UF.

<b>Detección</b>	<b>Costo de construcción</b>	<b>OEE evitables</b>	<b>%</b>
100%	203,805	12,836	6,3
80%	203,805	9,908	5,0

TABLA 7. 10 BENEFICIO DE IMPLEMENTACIÓN BIM SOBRE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

En promedio implementando una oficina especializada en la coordinación de proyectos es posible incrementar la rentabilidad del proyecto en al menos un 6.3% en el caso más desfavorable un 5% del total del costo de construcción.

## **CAPITULO 8. CONCLUSIONES**

Para poder competir con menores condiciones de riesgo e incertidumbre debemos encontrar la forma de trabajar con proyectos más completos y coordinados, existe esa manera y es a través de la tecnología, la evolución del 2d al 3d ya es un hecho y tarde o temprano se tendrá que asumir ese cambio en la generación de proyectos.

A través de esta memoria queda en evidencia que los procesos tecnológicos son la base del cambio y nos ayudan a mejorar los procesos de diseño y desarrollo de proyectos, mientras antes en el proceso de diseño se incorpore, más será el beneficio para el mandante, y menor la incertidumbre por lo que los adicionales quedan restringidos a los inevitables.

Para el proceso de modelado cabe mencionar que en supuesto de que todos los especialistas trabajen con la misma tecnología, esto no garantiza la buena coordinación ya que se debe contar con una metodología de trabajo para canalizar dicho desarrollo de proyecto, para ello deben crearse protocolos de trabajo para Chile, la cámara chilena de la construcción a través del CDT está tratando de estandarizar ciertos protocolos de trabajo y formas de entregas.

## **Inmobiliaria**

Hoy en día las inmobiliarias no están dispuestas a invertir en la etapa de diseño de un proyecto, además de desechar la oportunidad de que estos sean de mejor calidad y mayor eficiencia, están desechando la posibilidad de hacer sus proyectos más rentables con una baja inversión respecto a las ganancias potenciales.

Si bien las inmobiliarias a la hora de evaluar un proyecto tiene asociados un factor de riesgo que ronda el 2% al 3 % dependiendo de la obra, en la realidad este valor se eleva de un 5% a un 7 % pudiendo llegar hasta el 15% en algunos casos. Estos riesgos son perfectamente predecibles y auditables, según el estudio realizado, del 100% de adicionales de obra, el 82% son predecibles.

La implementación de un departamento tecnológico de coordinación dentro de una inmobiliaria tendría un costo de 0.015 UF/M<sup>2</sup>, versus la contratación de este servicio que tiene un costo de 0.03 UF/M<sup>2</sup>, casi el doble de su valor y la responsabilidades quedan en la incertidumbre. Según lo visto en la presente tesis se puede asegurar una rentabilidad de un 6% base sobre el proyecto de construcción, hay estudios que llevan a este valor hasta un 10% a 12%.

Los adicionales de obra analizados son por una mala coordinación en la etapa de diseño de proyectos y falta de desarrollo de los proyectos antes de presentarlos a licitación, con un departamento interno se podrían descartar estos problemas de coordinación.

El tiempo que requiere un proyecto para ser coordinado es de aproximadamente 3 meses, en este tiempo se pueden resolver interferencias, inconsistencias en las EETT, falta de información en alguna especialidad, cubicaciones estimadas para realizar tener una aproximación al precio de contrato, itemizado de obra para la licitación.

Además de todo el soporte que les puede brindar tener un modelo, este puede servir para generar por ejemplo un calendario de mantenimiento de los equipos, lo cual siempre es un problema a la hora de habilitación y puesta en marcha del edificio, al modelo se le puede cargar información de quien y cuando deben realizarse, de esta manera se aseguran un correcto desempeño del edificio después de su entrega.

### **Constructora**

Para la constructora es de especial necesidad trabajar con un modelo en 3D, ya que se puede visualizar el edificio desde sus sellos de fundación hasta las terminaciones de papel mural, pasando por todas sus instalaciones, programa y control.

Si bien es verdad que los proyectos a la hora de ser licitados nunca vienen coordinados, falta información de terminaciones, los planos no conversan con las EETT, etc. Con un modelo de estudio se podrían prever todas estas incongruencias desde el principio, la “información es poder”, en este caso esa información podría ser traspasada al cliente, asegurándole que no tendrá adicionales de obra, o manejar de manera interna esa información para luego ser cobrada como adicionales y de esta manera llegar a un precio más bajo en la propuesta. El monto de una cubicación externa ronda las 60 UF y las responsabilidades quedan en la incertidumbre. El modelo de estudio tendría un costo aproximado de 100 UF, con este se tendría la certeza de las partidas, cubicaciones e incongruencias de proyecto. Si el proyecto es adjudicado a la constructora ese valor es marginal, ya que el mismo modelo serviría para el modelo de obra.

## **Dificultades**

Para la implementación de un departamento de coordinación digital se necesita realizar una inversión fuerte al inicio del proyecto, luego se amortiza en los proyectos siguientes.

La adaptación de los sistemas tecnológicos en una empresa involucra procesos que los inversionistas a veces no están dispuestos a asumir, lo mismo que en algún minuto paso con los sistemas cad, que preferentemente la implementación fue de manera paulatina y limitada.

En la contratación de una empresa externa los errores quedan al interior de la empresa, no hay como hacerlos cargo de dichas faltas.

Si la empresa considera la puesta en marcha de la implementación de la metodología, existe un periodo de aprendizaje, en su primera etapa de desarrollo se recomienda que sea detección de interferencias, ya después de 4 proyectos realizados la oficina está en plena funcionamiento,

## **Beneficios**

### **Inmobiliaria**

Al tener un modelo de coordinación se pueden anticipar muchos de los problemas que sucederán en obra, si a estos se resuelven antes de la etapa de licitación podrán asegurar un proyecto con un 82 % menos de obras extraordinarias, lo que traducido a costo es un 6% base del costo de construcción.

Contar con este modelo del proyecto implica muchas ventajas desde el punto de vista del diseño como de la coordinación, planificación y puesta en marcha



del edificio, se pueden analizar modificaciones de manera virtual y como están influirán estos en los costos y la línea crítica del edificio, si se está a tiempo o no de poder generar el cambio sin costos asociados.

Saber desde un comienzo del proyecto que se cuenta con un 5% base de utilidades es una ventaja comparativa respecto a la competencia, este costo podría transferirse a los consumidores finales o rentabilizar aún más el proyecto.

### **Constructora**

La constructora debiera invertir en un departamento de tecnología, para este sector es de suma importancia poder manejar todas las variables que afectan una obra en construcción antes y durante su ejecución.

Si consideramos que el costo según la evaluación económica propuesta para un departamento BIM en una empresa constructora es de 0.023 UF/M2., es un precio marginal para los beneficios que este modelo puede ofrecer.

Durante el proceso de licitación tener claridad de que el presupuesto que se está entregando contiene todas las partidas y que no se encuentra caído por falta de información es de suma importancia, asegura la rentabilidad del proyecto a futuro, si además de esto se realiza una coordinación se puede estimar los adicionales en que podría incurrir el proyecto, teniendo esta información se puede negociar de mejor manera el contrato de licitación.

## 9. Bibliografía

### 9.1 Libros y Tesis

1. Ann T.W.Yu, Q. (2007). An empirical study of the variables affecting construction project briefing/architectural programing. International Journal of project management.
2. Chile Calidad. (2011). Modelo Chileno de Gestión de excelencia.
3. Construccion, C. C. (Abril 2013). Analisis de productividad en Obras de Edificacion en Chile . Santiago.
4. Council, N. R. (1998). Stewardship of Domestic Federal Facilities. Washington, D.C.: National Academy Press.
5. Dr. Veas, L. /. (2010). La administración integral de proyectos en la industria de la construcción: aplicación a proyectos inmobiliarios.
6. Eastman, C. (2008). BIMhandbook: a guide to building information modeling for owners, manager,s designers, engineers and contractors. Hoboken New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
7. Rojas Pizarro, R. (2013). B.I.M.: un cambio de paradigma. Caso Costanera Center. Building Information Modeling en la gestión de la construcción. Santiago: RIL editores.
8. Solminihac, H. d. (2011). Procesos y Tecnicas de Construccion. En H. d. Z.. Santiago, Chile: Ediciones Unoiversidad Catolica de Chile.
9. UK Government Cabinet Office. (2011). *BIM Strategy Paper*.

10. Tesis Estudio de Viabilidad del uso de la tecnología BIM en un proyecto habitacional en altura. Alumno Antonio Marcos Valdes Indo, año 2014. Universidad de Chile.
11. Tesis Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Alumno Rodolfo Omar Saldias Silva, año 2010, Universidad de Chile
12. Hernández Silva, N. D., 2011. Procedimiento para la coordinación de especialidades en proyectos con plataforma BIM, Santiago, Chile
13. Salih, S.2012. the impact of bim/vcd on roi – developing a financial model for savings and roi calculation of construction projects. thesis nº 177, programme real estate development and financial services, departament of real estate and construction management, kth architecture and the built enviroment, stockholm, sweden
14. Gonzalez, A. M 2012. Propuesta de implementación del sistema last planner con el apoyo de modelación 4D para la obra gruesa de Edificaciones. Memoria para optar al título Ingeniero Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile
15. Miguel Angel bautista Baquero, 2007. Gerencia de Proyectos de Construcción Inmobiliaria, fundamentos para la gestión de la calidad.
16. Michael P. Gallaher, Alan C. O'Connor, John L. Dettbarn, Jr., and Linda T. Gilday, 2004, "Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry" National Institute of Standards and Technology, USA.

## 9.2 Documentos

1. Departamento de arquitectura, Universidad de Chile. (2013). La Encuesta Nacional BIM 2013. Chile.
2. La\_revolucion\_de\_BIM\_en\_la\_ingenieria\_Rene\_Lagos.pdf
3. ©2008 Project Management Institute, Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) — Cuarta edición
4. NBS. (2013). International BIM Report.
5. Proyecto piloto BIM. Autodesk
6. Government Construction Strategy (2011) Gabinet Office UK

## 9.3 Documentos web

1. [Vhttp://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-156508/las-ventajas-mas-importantes-del-bim](http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-156508/las-ventajas-mas-importantes-del-bim)
2. HOK, 2011. New Dali Museum Opens in St. Petersburg, Fla.. [Online] Available at: <http://www.hok.com/about/news/2011/01/10/new-dali-museum-opens-in-st-petersburg-fla/>
3. TEKLA, 2012. Derby Business Park. [Online] Available at: <http://www.tekla.com/international/solutions/building-construction/Documents/Tekla-global-BIM-awards-2012/bim-derby-business-park.html>
4. Informe de Productividad en la Construcción” – Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) - Cámara Chilena de la Construcción (CChC) - 2011 <<http://test2.cdt.cl/Proyecto%20Diplomado/proyectos/informe%20productividad/informe%20productividad.pdf>>
5. Documento Análisis de la Productividad en Obras de Edificación en Chile – Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) - Cámara Chilena de la Construcción (CChC) - 2013 Disponible en: <<http://www.cdt.cl/informe-de-productividad/>>

6. Inversión en construcción en Chile anotaría nulo avance en 2016  
<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/inversion-en-construccion-en-chile-anotaria-nulo-avance-en-2016>
7. Bim para FM: Los inmuebles de alto rendimiento  
<http://leanbimconstruction.com/bim-para-facilities-management>