

ÁREA DE PROYECTOS, PREVENCIÓN, CALIDAD, INGENIERÍA

TÍTULO DEL PROYECTO FINAL

**Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas
de Ingeniería**

Tesis para optar al grado de:

Máster en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos

Presentado por:

Carlos Armando Montellano Zuna

BOMDGBP1034687

Director:

Juan Bellani

COCHABAMBA, BOLIVIA

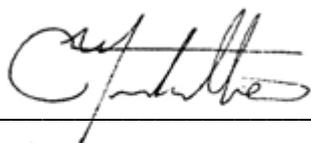
14 JUNIO 2013

AGRADECIMIENTOS: *A mi esposa, padres y hermanos*

COMPROMISO DE AUTOR

Yo, **Carlos Armando Montellano Zuna** con célula de identidad **4538929 Cbba** y alumno del programa académico **Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos**, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al Director del trabajo, a la Universidad y a cuantas instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.

Firma:  _____

Para:

Fundación Universitaria Iberoamericana - FUNIBER

Att: Dirección Académica

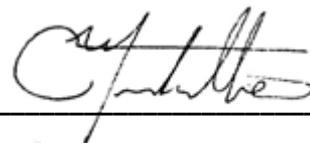
Por este medio autorizo la publicación electrónica de la versión aprobada de mi Proyecto Final bajo el título **“Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas de Ingeniería”** en el campus virtual y en otros espacios de divulgación electrónica de esta Institución.

Informo los datos para la descripción del trabajo:

Título	Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas en empresas de Ingeniería
Autor	Carlos Armando Montellano Zuna Juan Bellani (Orientador)
Resumen	Se diseñan los procesos de implementación y trabajo bajo las tecnologías BIM, este tipo de tecnologías no solo implican un cambio tecnológico y de infraestructura, sino que obligan a cambios en la forma de administración, trabajo y coordinación de equipos.
Programa	Maestría en Diseño, Gestión y Dirección de Proyectos
Palabras clave	BIM, Empresa, Ingeniería, Procesos, Implementación
Contacto	c.montellano.z@gmail.com

Atentamente,

Firma: _____



RESUMEN o ABSTRACT

La Industria de la Ingeniería, Construcción y Arquitectura presenta un crecimiento global impresionante que involucra la interacción cada vez de una mayor cantidad de ramas para la construcción de cualquier obra civil. Los proyectos de construcción son caracterizados por que cada proyecto puede considerarse único y poseen procedimientos muy poco estandarizados. Sin embargo el uso de las tecnologías BIM está cambiando significativamente la forma en la que se encaran las construcciones. El trabajo se vuelve mucho más colaborativo y que permite incorporar la información para análisis en bases de datos más compactas, confiables y reutilizables.

Los software BIM junto con los procesos colaborativos forman lo que son las tecnologías BIM que permiten que las distintas áreas compartan un modelo único de la estructura a ser construida, en este modelo es posible incorporar elementos arquitectónicos, estructurales, eléctricos, sanitarios, mecánicos y otros dependiendo de la naturaleza del proyecto.

Estas tecnologías no son nuevas sin embargo recién están siendo implementadas debido a los fuertes cambios de paradigma que requieren dentro de los procesos empresariales tradicionales. Las mejoras en la interoperabilidad y capacidades computacionales más accesibles son factores que facilitan la implementación.

Como los flujos de trabajo ya no son lineales y son altamente dependientes de la colaboración entre las partes, los propietarios y empresas participantes en este tipo de proyectos no solamente ajustan sus procesos, sino también el lenguaje legal y de responsabilidades para entregar el proyecto. Tipos de contrato como diseño-construcción, construcción a riesgo compartido o entrega de proyecto integrado cuentan ya con un marco legal en el cual muchas empresas y proyectos pueden apoyarse.

Estas tecnologías pronto serán el estándar de trabajo. Compañías que quieran mantenerse a la vanguardia deberán adoptarlas lo más rápido posible o arriesgarse a quedar relegadas, sufriendo las negativas consecuencias del atraso.

Palabras clave o Keywords: BIM, Empresa, Ingeniería, Procesos, Implementación

Indice

INTRODUCCIÓN	IX
CAPÍTULO 1. LA Industria y la EMPRESA, SITUACIÓN actual	1
1.1. Prólogo sobre la Industria	1
1.2. Descripción de la empresa: misión, visión, estrategia y situación actual	4
1.3. Estado actual del mercado	6
1.3.1. Latinoamérica	6
1.3.2. El Mundo.....	7
1.4. Modalidades de Entrega de Proyectos (Tipos de Contratos)	8
1.4.1. Diseño – Licitación – Construcción	8
1.4.2. Diseño – Construcción	10
1.4.3. Construcción a Riesgo Compartido	12
1.4.4. Entrega de Proyecto Integrado (EPI)	13
1.5. Indicadores de la IAIC	13
1.5.1. Productividad.....	14
1.5.2. Rendimiento	15
1.5.3. Desechos.....	16
CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍAS BIM – ESTADO DEL ARTE	18
2.1. Definición	18
2.2. Campos de Aplicación	19
2.2.1. Aquello que no es Tecnología BIM	19
2.2.2. Limitaciones.....	20
2.3. Presencia actual de las Tecnologías BIM en el mercado actual	21
2.4. Planteamiento de la Hipótesis	23

CAPÍTULO 3. Fundamento de la Tesis	24
3.1. Planteamiento de la Propuesta	24
3.2. Objetivos	24
3.2.1. General	24
3.2.2. Específicos	24
3.3. Alcance.....	25
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN	26
4.1. Actores.....	26
4.2. Objetivos de la Implementación.....	27
4.3. Elección del Software.....	29
4.4. Descripción del proceso.....	32
4.4.1. Identificar un Gerente BIM.....	32
4.4.2. Estimar el costo y tiempo para implementar el uso de Software BIM	33
4.4.3. Desarrollar un plan de integración.....	33
4.4.4. Empezar Pequeño.....	34
4.4.5. Mantener entrenado al Gerente.....	34
4.4.6. Apoyar el Gerente creando un departamento.....	34
4.4.7. Aferrarse al plan pero mantenerse abierto.....	34
4.4.8. Crear recursos.....	35
4.4.9. Analizar la implementación.....	35
4.4.10. Monitorear el mercado por nuevas ofertas y tendencias.....	35
4.5. Duración.....	36
4.6. Variables del Presupuesto	36
4.7. Áreas afectadas de la organización	38
4.7.1. Marketing	38
4.7.2. Recursos Humanos	38

4.7.3.	Finanzas	39
4.7.4.	Informática	40
4.7.5.	Operaciones.....	41
CAPÍTULO 5. PROCESOS DE DISEÑO BAJO EL SISTEMA IMPLEMENTADO		42
5.1.	Partes Interesadas	42
5.2.	Procesos de diseño	43
5.2.1.	Normativa de Trabajo.....	46
5.2.2.	Nivel de Detalle.....	48
5.3.	Coordinación y Colaboración	49
5.3.1.	Procesos de Actualización del Modelo.....	52
5.3.2.	Procesos de Corrección de Errores y Compatibilización	53
5.4.	Problemas comunes y sus soluciones típicas	54
5.4.1.	Interoperabilidad.....	54
5.4.2.	Como lidiar cuando las otras empresas no trabajan con Tecnologías BIM	57
5.4.3.	Propiedad Intelectual	57
5.4.4.	Aspectos Legales.....	58
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		62
6.1.	Sobre las Tecnologías BIM	62
6.2.	Sobre los Procesos de Implementación.....	63
6.3.	Sobre los Procesos de Diseño	64
BIBLIOGRAFÍA		65
ANEXOS.....		67
Anexo 1 - Organizational BIM Deployment Plan		67
Anexo 2 - Project BIM Deployment Plan		74

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 4-1: Software BIM más usado para distintos rubros de la Industria	29
Tabla 4-2: Software BIM y sus características (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)	30
Tabla 5-1: Compatibilidad de distintos programas de análisis (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012).....	58
Figura 1.1: Flujo de Información en proyectos diseño-licitación-construcción (Hardin, 2009).....	10
Figura 1.2: Flujo de diseño para contratos diseño-construcción (Hardin, 2009).....	11
Figura 1.3: Dólares contratados constantes/ horas de trabajo de los obreros (Hardin, 2009).....	14
Figura 1.4: Construcción vs. Manufactura comparación de la cantidad de desperdicio (Smith & Tardif, 2009)	17
Figura 4.1: Diseño/Trabajo por el costo de cambio (Smith & Tardif, 2009)	41
Figura 5.1: Flujo de Trabajo dentro de empresas de Ingeniería	44
Figura 5.2: Flujo de Taras para el procesos de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño de proyecto Integrado. (Autodesk, 2010)	50
Figura 5.3: Flujo de Taras para el procesos de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad Diseño – Construcción. (Autodesk, 2010).....	51
Figura 5.4: Flujo de Taras para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad Diseño – Licitación – Construcción. (Autodesk, 2010).....	52

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción, ingeniería y arquitectura (ICIA) es probablemente una de las industrias que mayor variedad posee. No existe un producto que esté repetido en el mundo, así sean módulos pre-fabricados, las condiciones de su emplazamiento lo hacen único. La enorme diversidad de materiales que requiere esta industria también es impresionante. Es por esta razón que las múltiples áreas involucradas deben encontrar mejores formas de cooperación y colaboración.

Un enfoque de procesos a este problema es adecuado, pero además debe estar respaldado por las herramientas tecnológicas adecuadas. Esta herramienta que viene desarrollándose desde muchos años atrás son las tecnologías BIM. Estas permiten la creación y modelación de una construcción virtual, con todos sus componentes, antes de la misma construcción del edificio. Si en la elaboración del modelo participan todas las partes involucradas será posible identificar problemas que en situaciones normales serían identificados en la etapa constructiva donde los costos de la solución sobrepasan por mucho, los costos de haber evitado el problema en una etapa anterior.

Debido a que estas tecnologías son nuevas, en Latinoamérica se presenta un mercado creciente de la ICIA y la mayor parte de la bibliografía e información al respecto de estas se encuentra en inglés se considera importante realizar un trabajo de investigación sobre la manera de implementar y trabajar con este tipo de tecnologías en empresas en América Latina y el mundo. Los servicios de consultoría para la implementación de estas tecnologías son costosos y muchas veces vienen como soluciones instale y utilice sin prestar demasiada atención a los procesos internos empresariales. Muchas veces pueden forzar la adaptación el cambio de los procesos empresariales hasta el punto de que los usuarios no saben para qué están haciendo lo que están haciendo.

En este contexto se plantea el siguiente objetivo general:

“Diseñar, asignar actores, variables de medición y variables de presupuesto tanto a los procesos de implementación de tecnologías BIM como a los procesos de trabajo y mejora continua bajo las mismas para la empresa tipo previamente definida.”

El cual para ser satisfecho se compone de los siguientes objetivos específicos:

- Definir los procesos de implementación a realizar, identificar cada una de las tareas y la sucesión y relación entre ellas.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de los procesos de implementación.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de diseño.
- Diseñar los procesos de trabajo en los cuales se emplearán tecnologías BIM
- Mencionar posibles aspectos legales que deban administrarse dentro de los procesos de diseño con las tecnologías BIM.

La definición de los objetivos específicos está realizada de manera secuencial y tratando de abarcar todos los aspectos necesarios para realizar la implementación de las tecnologías BIM en una organización que no posee estas y para trabajar adecuadamente con estas, teniendo en cuenta que los procesos no hacen a la organización sino la gente que lleva a cabo esos procesos. Se definen además los métodos y las cosas que deben medirse cuando se emplean las tecnologías BIM y cómo deben ser los contratos cuando se trabaja en un sistema distinto al tradicional.

Para esto se divide el trabajo en seis capítulos que son:

Capítulo 1: La Industria y La Empresa, Situación Actual

Se describirá la situación de una empresa modelo tipo en América Latina, la situación en América Latina y la situación en el mundo. La creación del contexto necesario para entender el funcionamiento de la industria y sus necesidades

Capítulo 2: Tecnologías BIM – Estado Del Arte

La definición y los componentes de las tecnologías BIM serán discutidos en este capítulo, se hablará de la teoría que yace bajo este concepto, las circunstancias en las que es aplicable y la forma en la que se relaciona con los modelos empresariales actuales.

Capítulo 3: Fundamento De La Tesis

En este capítulo se desarrollan y aclaran los objetivos y se justifican los mismos.

Capítulo 4: Metodología De Implementación

Acá se describen actores, la metodología y las cosas con las que se deben tener cuidado al implementar este tipo de tecnologías, se habla de la forma en la que se encararán los cambios, el tipo de roles y la secuencia de pasos a seguir.

Capítulo 5: Procesos De Diseño Bajo El Sistema Implementado

En esta parte del trabajo se identifican las tareas y actores relacionados con el diseño mismo de una estructura u obra civil, se define su importancia y las tareas. Se hace un enfoque de cómo los procesos de ingeniería ya no se limitan simplemente a realizar un trabajo y esperar que este entre adecuadamente en el rompecabezas. Busca crear las piezas adecuadas de manera que todo el sistema funcione eficientemente.

Capítulo 6: Conclusiones Y Recomendaciones

Se listan las conclusiones y comentarios del autor respecto a la industria, los procesos de implementación y los procesos de diseño.

CAPÍTULO 1. LA INDUSTRIA Y LA EMPRESA, SITUACIÓN ACTUAL

1.1. Prólogo sobre la Industria

La industria de la construcción, la ingeniería y la arquitectura (ICIA)¹ se maneja de manera distinta a la mayor parte de las industrias. Una de las principales diferencias es que las posibilidades de producción en masa son escasas y que cada proyecto de construcción está lleno de particularidades y debe construirse casi artesanalmente.

Para entender cómo funciona la ICIA es necesario comprender que esta industria es altamente dependiente de la topografía, el clima y la disponibilidad local de materiales de construcción. A esto se suman la gran cantidad de ensayos y factores que deben ser realizados y estudiados para elaborar cualquier proyecto de construcción. Comencemos definiendo los pasos que se siguen para cualquier proyecto de construcción y pasemos luego a definir los responsables y actores. Debe tenerse en consideración que lo que se describirá a continuación representa una generalización de los procesos y en muchos casos podrán hallarse excepciones y particularidades.

Antes de comenzar un proyecto de construcción, sin importar su naturaleza: puente, carretera, edificio, planta de tratamiento sanitario, red de agua potable, condominio de viviendas unifamiliares, edificio gubernamental, hospital, centro comercial, aeropuerto o puerto; debe haberse identificado la necesidad y el propósito para el que servirá, su tiempo de vida útil y las condiciones de servicio² que prestará. Seguidamente se identificarán el lugar de emplazamiento y los requerimientos normativos³ de acuerdo a este lugar. Luego se elaborará el diseño esquemático de la obra civil terminada, a veces es un arquitecto el que se encarga de esta tarea y otras es

¹ El término AEC (Architecture, Engineering and Construction) industry muchas veces se emplea también en español para hacer referencia a la misma industria.

² Por condiciones de servicio pueden entenderse público objetivo, cantidad de usuarios, forma del servicio, calidad y categoría del mismo, horarios de servicio, cantidad de usuarios por hora, requerimientos de funcionamiento.

³ Muchas locaciones tienen límites permitidos de construcción, o requieren determinada cantidad de áreas verdes, un determinado número de parqueos o determinadas medidas de protección ambiental.

un ingeniero, esta decisión es tomada por el ente propietario y/o financiador⁴ del proyecto. Generalmente las obras civiles que no solamente cumplirán una función técnica sino también humana, social y estética requieren de un arquitecto. El propietario definirá el nivel de detalle que se requiere antes de seguir a la siguiente etapa, el diseño técnico e ingenieril. Es hasta este punto que los procesos tradicionales llegan sin problemas.

El diseño técnico e ingenieril de cada uno de los componentes requiere que la información, objetivos, medidas, planos y requerimientos sean compartidos a las diversas ramas afines e involucradas. Entre las más comunes se tienen:

- Estructuras: se encarga del diseño estructural y sostenimiento del edificio, para fines prácticos se incluye en esta área los estudios geotécnicos para definir el tipo de fundaciones a ser empleadas. Se encarga de determinar materiales de construcción y definir como una estructura deberá ser construida y reforzada.
- Electricidad: área responsable de que las demandas energéticas y las instalaciones eléctricas, de iluminación, tomacorrientes, sistemas de emergencia y cualquier sistema que requiera de energía eléctrica sea contabilizado y obtenga desde la red principal la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento.
- Agua potable y Saneamiento: responsable de distribuir y asegurarse que en todos los puntos dónde se requiere agua, esta llegue con la presión adecuada. Ya sean grifos, calefones, duchas, sistemas contra incendios, fuentes de provisión de agua para industrias y cualquier tipo planta de tratamiento para que cualquier desecho líquido sea adecuadamente tratado y desechado o en su defecto reintegrado sin consecuencias al medio ambiente.
- Aire acondicionado, refrigeración y calefacción: como su nombre lo dice son sistemas especializados que deben ser diseñados para mantener distintos ambientes en las condiciones de humedad y temperatura adecuadas, no

⁴ El propietario no necesariamente será el financiador. Si el propietario del proyecto recurre a un préstamo la institución que otorga el préstamo es la financiadora. Así por ejemplo para un caso carretero puede ser el estado o un municipio el propietario pero el financiador será el Banco Mundial.

solamente son necesarios en viviendas, sino también en supermercados y centros comerciales para asegurar un flujo de aire y ventilación adecuadas.

- Estructuras electromecánicas: se incluyen en esta rama todas aquellas instalaciones como ascensores, cintas transportadoras, puertas mecánicas y maquinaria industrial.

Independientemente de la naturaleza del proyecto después de que se han generado los planos preliminares y las áreas afines (mencionadas anteriormente) han realizado sus diseños debe juntarse toda la información y compatibilizarse para asegurarse de que todo el proyecto esté bien realizado. Una tubería de gas no puede atravesar un ascensor, una columna no puede estar en la mitad de una habitación o una toma de corriente no puede estar dentro de la ducha. Aunque estos son ejemplos extremos, siempre existirán fallas similares. Muchas veces el ingeniero o arquitecto que realizó el proyecto inicial es el designado por el propietario para realizar dicha revisión. En caso de que el propietario quiera realizar cambios deberán contactarse a todas las áreas afines para que revisen el proyecto y realicen las modificaciones pertinentes con la modificación requerida. Esto implica costos y retrasos adicionales que deberán ser cubiertos por el propietario.

A continuación está la etapa de pre-construcción, donde los precios de construcción deben ser estimados y evaluados. Y deberá encontrarse los proveedores de todos los materiales y servicios. Esta tarea puede ser encarada de muchas formas y no existe un procedimiento universal para realizarla, todo depende de la conveniencia para el propietario y naturalmente del costo. Muchas veces esta etapa es realizada en paralelo al diseño o incluida como parte de este.

Finalmente la construcción, que de no ser realizada por los mismos que realizaron el diseño y las evaluaciones de precios, someterá al proyecto a una nueva revisión por parte del constructor para verificar los precios y condiciones de construcción y la mejor forma de llevarla a cabo. Durante la construcción, en el 99.99% de los casos, por no decir siempre, se presentan problemas de inconsistencias que deberán ser resueltas por alguien. Estas inconsistencias generalmente involucran la participación de más de

una de las áreas de diseño y requieren reuniones de coordinación, postergaciones en la entrega y naturalmente una elevación de los costos para el propietario.

Finalmente durante la fase de operación y vida útil de una estructura los administradores de la instalación utilizarán los planos de construcción y la documentación de las diversas instalaciones para realizar el mantenimiento y reparaciones.

Esta multidisciplinariedad está presente en todos los tipos de obras civiles ya sea en carreteras, que incluyen puentes o estaciones de servicio al lado de la cual corren tuberías de agua; puentes en los que no solamente circulan autos sino también, trenes, peatones y es atravesado por tuberías de gas y agua y que presentan en la mitad del mismo puente cabinas de peaje que tienen baños y cuentan con iluminación; plantas de generación de energía que requieren estaciones de monitoreo, iluminación, sensores y otro tipo de instalaciones de mantenimiento; edificios cada vez más complicados con ascensores, sistemas inteligentes de iluminación, complejos sistemas de calefacción y lucha contra incendios; naves industriales que requieren plantas de tratamiento de agua, enormes cantidades de energía eléctrica, vestuarios para empleados y laboratorios complejos para investigación y control de calidad.

Para solucionar esta complicada labor de cooperación y colaboración es que los gerentes de proyectos y propietarios necesitan herramientas de gestión de recursos humanos, tecnológicos y de comunicación que permitan minimizar la cantidad de errores y lograr que los proyectos de construcción alcancen una alta calidad, confiabilidad, eficiencia y rentabilidad.

1.2. Descripción de la empresa: misión, visión, estrategia y situación actual

Par los efectos de este trabajo se describirá una empresa de ingeniería y diseño típica de américa latina, la cual entra dentro de la categoría mediana para la mayor parte de los mercados. La empresa no se dedica a la construcción, sin embargo participa en la supervisión de proyectos. Su rubro principal es el diseño de obras civiles contando con

un portafolio variado que incluye, complejos industriales, hoteles, condominios de apartamentos, presas, carreteras y proyectos de desarrollo de viviendas lujosas en condominios privados. Aunque la empresa tiene la capacidad de realizar una consultoría integrada para todos los proyectos, la mayor parte de las veces es contratada para el diseño estructural de los proyectos.

Es por esta razón que la mayor parte del tiempo debe coordinar su trabajo con otras empresas y profesionales, elaborando planos que se adecuen a los diversos requerimientos de los trabajos. Muchas veces el trabajo de un determinado proyecto debe dividirse entre dos o tres profesionales.

Debido a la actual demanda del mercado la empresa tiene acceso a una mayor cantidad de proyectos y aunque su capacidad profesional le permite hacer frente al reto, muchas veces la empresa ha incurrido en costos extras, desfases de cronograma e incluso pérdidas por tener que:

1. Adecuar y extraer la información a los formatos, extensiones o flujos de trabajo adecuados. Generalmente esta información es provista por otro profesional o el contratante.
2. Entregar la información en formatos adecuados para el contratante o de acuerdo a formatos que permitan cuidar la propiedad intelectual. Muchas veces se deben manejar hasta 2 o 3 formatos del mismo documento.

La misión de la empresa está orientada a proveer servicios de calidad, manejando siempre las últimas tendencias en investigación y desarrollo del rubro y que utilicen las herramientas tecnológicas que permitan al usuario aprovechar mejor el diseño.

El rubro en el que la empresa mayor experiencia ha acumulado es el diseño de edificios (cualquiera sea su naturaleza). Es por esta razón que la mayor parte del tiempo debe trabajar en directa cooperación con firmas de arquitectura.

La empresa ya ha tenido contacto con lo que son las tecnologías BIM y lo que implican sin embargo, a pesar de conocer el software, haber trabajado en la motivación y desarrollo de liderazgo para la implementación, no conoce cómo debieran estructurarse y enfocarse los procesos de implementación y diseño.

1.3. Estado actual del mercado

1.3.1. Latinoamérica

La industria de la construcción, por ende también de la ingeniería, ha presentado en los últimos años un crecimiento. Aun cuando no podemos caracterizar este crecimiento como constante es lo suficientemente significativo para levantar preguntas respecto al impacto en el futuro de las empresas en el rubro. Este apartado tratará de dar cifras y supuestos que nos permitan imaginar la situación dentro de las empresas cuando manejan proyectos de construcción y la relación de esta situación con el tamaño de los proyectos que se encaran. Es necesario resaltar que el tamaño de los proyectos encarados está estrechamente relacionado con el crecimiento mismo de la industria.

En el año 2011, Argentina presentaba un crecimiento en la industria que se situaba alrededor del 10%. Brasil, que en 2014 encarará el Mundial de Fútbol y los Juegos Olímpicos situó su crecimiento entre 6% y 9%. Países como Chile y Colombia presentaron un crecimiento del 11% y México que durante el 2009 y 2010 vio declinar su industria fue capaz de recuperarse ese año y presentar un crecimiento del 4.5%. (Construcción PanAmericana, 2011)

El 2008 en América Latina las microempresas representaban en promedio un 89.85% del total de las empresas y si se incluye en esta cantidad a las pequeñas y medianas empresas se tiene que estas representan el 99.12% del total de las empresas y son la fuente del 64.26% de las fuentes laborales. De este total de MIPYME⁵S el 49% pertenece al sector comercial, 38% al sector servicios y 13% al sector manufacturero. (Saavedra & Hernández, 2008)

⁵ Micro, Pequeñas y Medianas Empresas

El sector de la construcción está incluido dentro del sector servicios y aun cuando este sector ha presentado crecimiento y los porcentajes de composición del empresariado pueden haber variado en los últimos 5 años, se puede afirmar que el sector de la construcción está compuesto en su mayoría por PYMES en crecimiento. Las cuales, bajo el favorable panorama constructivo y de desarrollo tecnológico deberán adecuar su forma de trabajo para ser cada vez más productivas, aprovechar mejor las oportunidades y acceder a una mayor cantidad de proyectos.

Estos cambios no serán promovidos tanto por la política, economía o sociología, sino por las demandas de rendimiento y metodologías de trabajo al interior mismo de la industria y empresa. La cooperación entre empresas de distintos rubros, presupuestos ajustados y presiones sobre los tiempos pueden, de no ser bien afrontados, convertir este “boom” de construcción en la ruina de muchas empresas.

1.3.2. El Mundo

El mercado de la construcción es muy variable en el mundo entero y mientras en algún lugar puede existir crisis, en otro puede existir un boom. La industria de la construcción plantea un crecimiento constante para los siguientes años llegando a un gasto total de 4.6 trillones de dólares (4.6×10^{12} US\$). Esto está respaldado en el incremento de los gastos en infraestructura, mejora en la liquidez y reducción a las tasas de interés y la continua urbanización. Países como la China, India, Indonesia y Vietnam se perfilan como los líderes mundiales de construcción. En el Medio Oriente, Arabia Saudita lidera el mercado y en Estados Unidos se espera que el sector de la construcción residencial y la inversión en líneas férreas de alta velocidad potencien también el mercado. (Construction Business Owner, 2012)

El crecimiento de la industria en Europa también es considerable y se estima que un 5% de su PBI es destinado a la construcción. En Estados Unidos la construcción representa solamente el 2% de su PBI. En la India el 2011 este porcentaje alcanzó el 7.9% y en China 4.6%, siendo en este país las industrias petroleras y petroquímicas las que más invierten en infraestructura. (Everhart, 2013)

1.4. Modalidades de Entrega de Proyectos (Tipos de Contratos)

Las diversas modalidades o tipos de contratos para entregar un proyecto no influyen directamente sobre la forma, los materiales o el diseño mismo, sino sobre las relaciones entre los distintos actores del proyecto. La razón por la que se coloca este apartado acá es para comprender desde un inicio las distintas relaciones y obligaciones que se establecen una vez que se decide ejecutar el proyecto. La definición de este tipo de relaciones contractuales definirá de una u otra manera también las relaciones laborales y las formas de cooperación y colaboración al interior del proyecto.

A continuación se citan las distintas formas de trabajo y relacionamiento laboral en la industria.

1.4.1. *Diseño – Licitación – Construcción*

Este tipo de contrato es uno de los más comunes en el mundo. En estados unidos el 90% de los edificios públicos y el 40% de los edificios privados se construyeron con este modelo. En este modelo, el propietario contrata a un arquitecto que procede a través de una serie de fases: diseño esquemático, desarrollo del diseño y documentos de contrato. El arquitecto entonces contrata consultores para asistirlo en el diseño estructural, plomería, electricidad, instalaciones electromecánicas, sistemas de aire acondicionado y/o calefacción. Estos diseños elaborados por los consultores deberán estar de acuerdo con los documentos arquitectónicos, poder sobreponerse y reflejar todos los cambios identificados y requeridos, ya sea por el dueño, por los códigos de construcción o por motivos de diseño mismo. Estos diseños en conjunto, los del arquitecto más los de todos los consultores deben proveer suficiente detalle para realizar una licitación. Durante este proceso de diseño, para deslindarse de compromisos el arquitecto y las consultoras suelen incluir texto en los planos diciendo que estos no deben ser tomados como medidas finales y que cualquier medida deberá ser verificada en obra. Esta situación que al momento de construcción permite detectar omisiones y equivocaciones, genera problemas con los contratistas y genera costos adicionales que deberán ser de alguna manera cubiertos. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

En una segunda etapa se realiza la licitación. Cada ofertante recibe un juego de planos, dibujos e información para poder elaborar su propuesta. Sin embargo debe realizar una verificación independiente de las cantidades y consultar a sus subcontratantes por estimaciones de precios. Un contratista emplea aproximadamente el 1% del presupuesto del proyecto en elaborar la propuesta y si a esto se añade que el contratista gana solamente una de entre cada 6 a 10 propuestas, quiere decir que el costo de elaborar las licitaciones representa el 10% del costo del proyecto ganado. Este costo será añadido a los gastos generales del contratista. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Algunas de las principales ventajas de este método de construcción incluyen que permite a arquitectos e ingenieros tener tiempo suficiente antes de la construcción para elaborar documentación integrada y bien revisada. Sin embargo este método requiere de muchas aclaraciones, las cuales tienen que realizarse a través de reuniones del equipo de diseño ya sea durante la el diseño, la licitación o la construcción. (Hardin, 2009)

Este método de diseño puede acarrear asperezas entre el arquitecto (y consultores asociados) y el contratista si es que los diseños no están lo suficientemente bien documentados para permitirle al contratista elaborar una planilla de gastos de contingencia. Esta forma de pensar es anticuada y está orientada a evitar peleas legales. El compartir información y la elaboración de modelos virtuales son más difícilmente aplicables en este tipo de contratos y en caso de ser usados hallarían su utilidad solamente para un lado del proyecto, para estimar presupuestos y elaborar cronogramas. (Hardin, 2009)

La Figura 1.1 muestra el flujo de trabajo para un proyecto bajo el esquema, diseño-licitación-construcción.

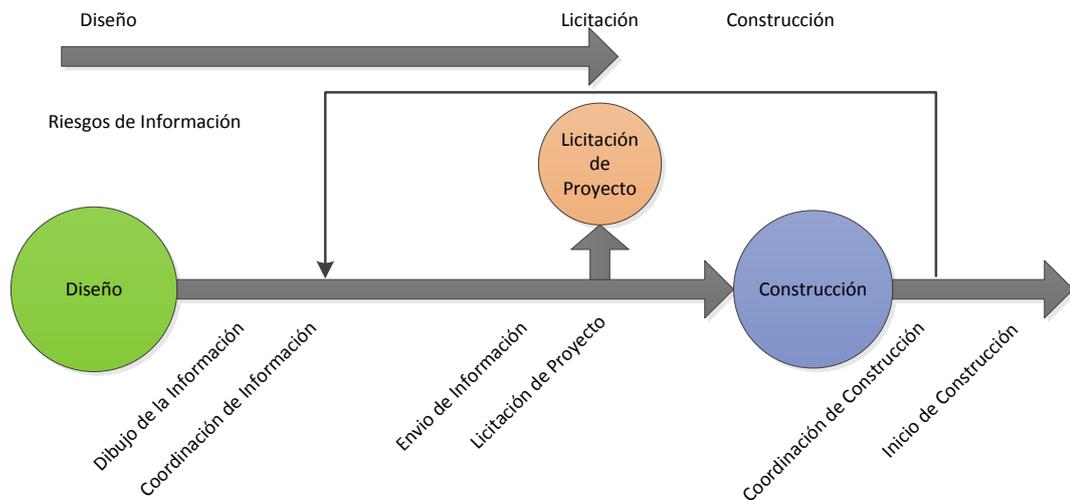


Figura 1.1: Flujo de Información en proyectos diseño-licitación-construcción (Hardin, 2009)

1.4.2. Diseño – Construcción

Este tipo de procesos fue desarrollado para consolidar la responsabilidad del diseño y la construcción a una única entidad contratada y además simplificar las tareas administrativas del propietario. En este modelo el propietario contrata directamente un equipo de diseño-construcción para definir un programa de construcción bien definido que permita al propietario satisfacer sus necesidades. La entidad contratada estima entonces el costo total para diseñar y construir el proyecto. Este tipo de contratos han crecido tanto en popularidad que en 2006 variaciones de este tipo de contrato representaron el 40% del total de contratos de proyectos de construcción en Estados Unidos. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Entre las principales ventajas está que debido a que se pueden incorporar modificaciones en una etapa temprana del proyecto, la cantidad de dinero requerida y el tiempo para incorporar estas modificaciones también será reducida. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Una de las desventajas se centra en que generalmente el propietario debe establecer un líder para el proyecto y este puede ser o el diseñador o el constructor, cuando el

constructor está a cargo, se dejan de lado aspectos relacionados con el diseño o la estética, pues lo más importante será culminar el proyecto a tiempo y dentro o por debajo del presupuesto. Cuando el diseñador está a cargo muchas veces se puede retrasar el proyecto por tratar de perfeccionar aspectos de diseño. Es por esta razón que es importante que el propietario sea capaz de lograr un equilibrio entre ambos tipos de liderazgo y establezca responsabilidades y metas claras. (Hardin, 2009)

Este tipo de contrato permite crear un ambiente ideal para trabajar con las tecnologías BIM. Permite flujos de trabajos mucho más colaborativos puesto que estos han sido ya acordados desde un principio e incluso han sido incluidos como parte del contrato. El flujo de información es más complejo, sin embargo es esta “complejidad” la que permite que los resultados sean mucho mejores y más eficientes, pues los involucrados no pueden no terminar su trabajo, están involucrados en el proyecto hasta el fin de este. Esta situación se ilustra mejor en la Figura 1.2.

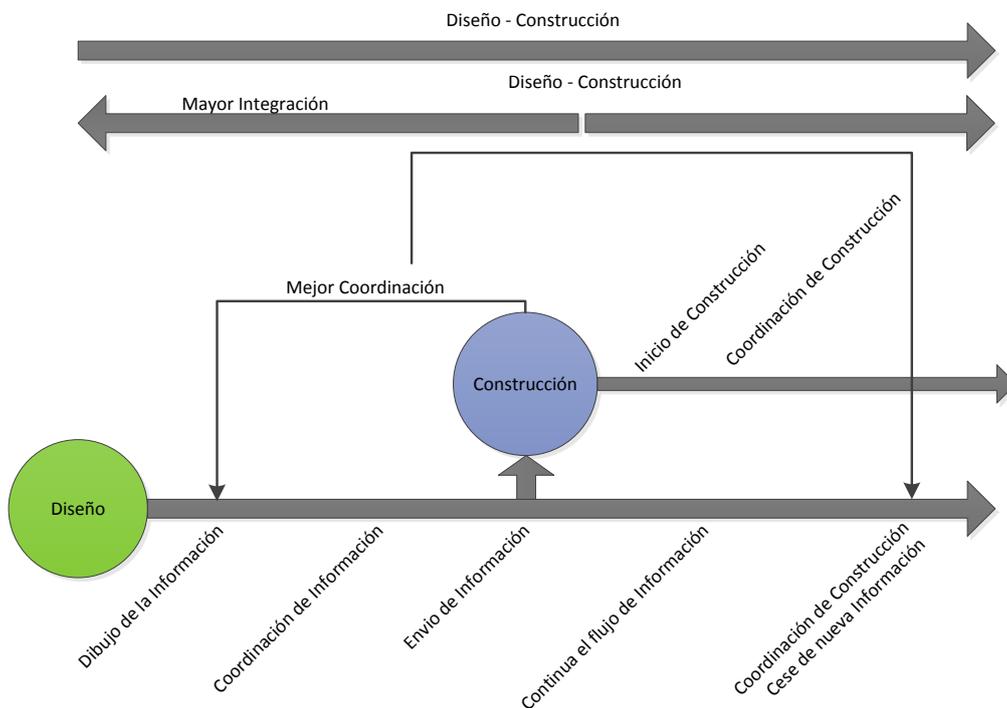


Figura 1.2: Flujo de diseño para contratos diseño-construcción (Hardin, 2009)

Trabajar en este tipo de contratos ya sea sin o con tecnologías BIM puede acarrear a susceptibilidades debido a la fuerte exposición hacia la competencia a la que se enfrente la empresa, es por este motivo que muchas veces las empresas y el dueño deben firmar un acuerdo de confidencialidad. Esto quiere decir que se protegerá la base de datos de la empresa u organización de ser compartida con la competencia ya sea intencional o involuntariamente. (Hardin, 2009)

1.4.3. Construcción a Riesgo Compartido

En este tipo de contrato el propietario contrata a un Administrador de Construcción (AC), el cual durante la etapa de diseño (pre-construcción) actúa como un consultor y durante la etapa de construcción actúa como el contratista. En la etapa de diseño debe haberse desarrollado el proyecto de tal manera que se fije el costo del proyecto, más específicamente, se fija el costo máximo garantizado (CMG). Una vez fijado este el gerente de la construcción es responsable de entregar el proyecto al propietario, el cual sobre-entendidamente, no deberá sobrepasar el CMG.

Debido a que el AC está presente durante la etapa de diseño, ayudó a crear el proyecto y a determinar el CMG el riesgo que asume es elevado. Sin embargo este riesgo también es compartido por el propietario y debido a esta relación ya no priman los intereses de una u otra parte, sino los intereses del proyecto en sí mismo. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Este tipo de contratos permite emplear efectivamente las tecnologías BIM puesto que busca lograr un buen balance entre la colaboración, el flujo de información y la gestión del proyecto. Las herramientas que las tecnologías BIM proveen ayudan a que información típica de otras formas de trabajo como archivos PDF y CAD estén listas mucho más pronto, se manejen más adecuadamente o incluso se conviertan en superfluas en caso de emplearse otro tipo de herramientas para la presentación de planos y detalles constructivos.

1.4.4. Entrega de Proyecto Integrado (EPI)

Es una forma de entrega de proyectos que es relativamente nueva y está ganando popularidad en la ICIA de la misma manera que lo hace el empleo de tecnologías BIM. Este tipo de proyectos requiere una colaboración abierta que incluya los contratistas, subcontratistas y diseñadores, sin embargo el propietario debe estar totalmente involucrado y tener una presencia activa en la administración del proyecto y los flujos de información, en su defecto un consultor deberá ser contratado para estas tareas. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

A diferencia de los anteriores métodos de entrega este tipo de contratos o metodología de entrega de trabajo permite mejorar la colaboración, cooperación y creación de valor añadido. En los anteriores contratos donde la paga a los equipos de diseño vienen dadas de acuerdo a un porcentaje del proyecto se observa:

- Un bajo incentivo a la creación de valor añadido, ya que no existe una compensación económica por el empleo de mayores recursos en mejorar la colaboración, cooperación o eficiencia.
- Si el costo del proyecto se reduce debido a mejoras en el proyecto, muy probablemente los honorarios profesionales del equipo lo harán puesto que estaban en función del costo del proyecto.

En esta metodología y tipo de contrato se crea un ambiente en el que el propietario puede determinar objetivos para el proyecto y otorgar premios económicos al equipo de diseño si es que un determinado presupuesto para el proyecto fuera alcanzado. (Hardin, 2009)

1.5. Indicadores de la IAIC

Una vez que se ha comprendido el estado financiero general de la industria, su importancia para el mundo y la forma, trayectoria y estado de una empresa típica en américa latina. Además de haber entendido los procesos, actividades y relaciones generales que rigen a la ICIA, se pueden definir algunos indicadores para esta industria.

Los más comunes y útiles para el comportamiento general de la industria son rendimiento, productividad y desechos.

1.5.1. Productividad

Una de las figuras más alarmantes que existe y que mejor ilustra la situación de la construcción es la presentada por Paul Teicholz, profesor emérito del departamento de Ingeniería Civil y Medioambiental en Stanford. La Figura 1.3 muestra los resultados de su estudio y se observa que la productividad de la industria de la construcción decayó desde 1964 al 2004 casi en un 20% mientras que la productividad del total de industrias no agropecuarias (incluyendo construcción) la productividad aumentó un 120%.

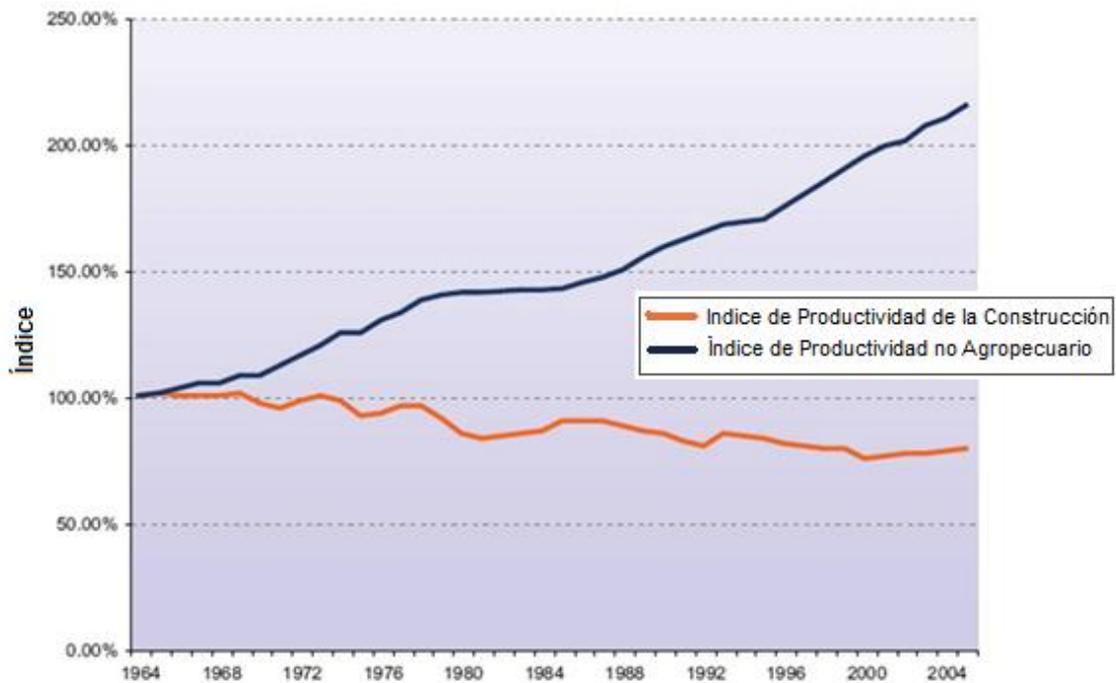


Figura 1.3: Dólares contratados constantes/ horas de trabajo de los obreros (Hardin, 2009)

Esta gráfica fue elaborada dividiendo dólares-constantados⁶ entre horas-hombre de trabajo para esos contratos. Estas horas-hombre de trabajo incluyen costos de arquitectura, ingeniería, costos de materiales, de entrega de materiales y de trabajo en sitio para el ensamblado de estos materiales. El trabajo representa en la industria

⁶ Hace referencia a un tipo de análisis financiero en el que la inflación de la moneda está inherentemente incluida en el análisis

de la construcción entre el 40 al 60 por ciento de los costos estimados de construcción. Los propietarios pagaban en 2009 un 5% más que en 1964 por el mismo trabajo de construcción. Obviamente esto no es fácilmente apreciable debido a que la tecnología y calidad de los materiales ha aumentado significativamente y muchas cosas ahora ya no se realizan en el sitio mismo, sino fuera de obra. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Otra cifra interesante que es importante conocer es que los trabajos de reconstrucción, adiciones o alteraciones representan el 23% de todos los trabajos de construcción; el mantenimiento y reparación representa entre el 10 al 12% de todos los trabajos de construcción mientras que los trabajos nuevos son solamente el 64% del total del volumen de construcción. Esta situación impide que se utilicen métodos más intensivos en capital, como los que son empleados en la industria manufacturera. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

1.5.2. Rendimiento

Aunque hasta el momento nos hemos referido a la construcción para cualquier tipo de obra civil, para este punto utilizaremos como ejemplo los edificios, pues es el único tipo de obra civil que tiene documentado este parámetro.

Después de estar construido un edificio sigue consumiendo recursos, necesita energía para poder funcionar. Todos y cada uno de los componentes que lo integran, requieren energía. Mientras menos eficiente sea un edificio mayor energía necesitará y por tanto los países deberán generar mayor cantidad de energía (esto implica mayor consumo de carburantes, necesidad de más hidroeléctricas, termoeléctricas o incluso plantas nucleares).

En 2005 los edificios no industriales⁷ representaban el 39.6% de la energía consumida en Estados Unidos y el 71.8% de la producción eléctrica. El departamento de energía

⁷ Los edificios industriales fueron excluidos debido a que en estos es casi imposible separar la energía empleada en las actividades de producción industrial de la energía necesaria para operar el edificio como tal.

de los Estados Unidos estima que para el 2030 el consumo de energía aumentará en un 30% y que a pesar de los actuales esfuerzos para construir edificios más eficientes la demanda que estos generan será aún mayor, llegará al 40.5% de la energía consumida. (Smith & Tardif, 2009)

Debido a que los propietarios derivan los costos de energía y mantenimiento a los arrendatarios, los propietarios no encuentran un incentivo directo en aumentar la eficiencia de los edificios, para esto se deben tomar medidas que por lo general deben ser implementadas y consideradas en la fase de diseño y construcción. Sin embargo muchos arrendatarios cada vez demandan más y más espacios “verdes”, con costos bajos de operación y alta eficiencia, impulsando de cierta manera el crecimiento de la construcción sostenible y amigable al medio ambiente. (Smith & Tardif, 2009)

1.5.3. Desechos

En 2004 el Construction Industry Institute (CII)⁸ en Estados Unidos, estimaba que el 57% del gasto en construcción correspondía a esfuerzos y procesos que no añaden valor o desechos. Si las aseveraciones eran correctas para una industria de 1288trillones en 2008 existían alrededor de 600billones de dólares en desperdicios. Esta cantidad de recursos debería ser convertida en ganancias por las compañías puesto que cada dólar de gasto innecesario es un dólar menos en las ganancias. (Smith & Tardif, 2009)

Una comparación entre la industria de la construcción y la manufactura puede ser claramente observada en la

⁸ Instituto de la industria de la construcción

Figura 1.4. En ella se puede observar que la industria de la construcción genera el doble de desperdicio que la industria de manufactura y menos de la sexta parte de valor añadido.

Muchas veces se echa la culpa a la fragmentación de la industria de construcción, es decir a la gran diversidad de materiales y proveedores que emplea, sin embargo, este no es pretexto para que la situación se quede así. Muchos de los empaques de materiales antes de su uso son totalmente reciclables y solamente se vuelven inútiles para reciclar cuando los constructores en lugar de segregarlos, cómo se hace en muchas industrias, los apilan en una sola montaña de basura. (Smith & Tardif, 2009)

Una situación similar ocurre al demoler un edificio: ventanas, vidrios, cerámica, metales y madera, son totalmente distinguibles al momento de demoler, sin embargo como todo es apilado en un mismo lugar, el costo de volverlo a seleccionar se eleva demasiado. (Smith & Tardif, 2009)

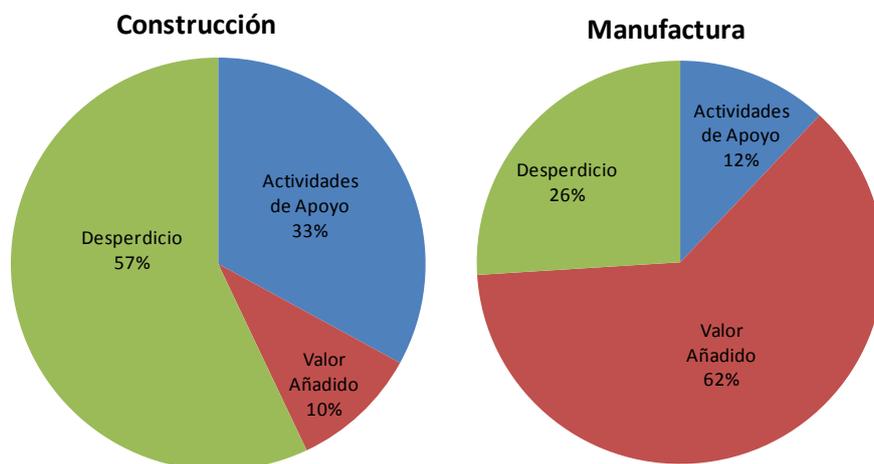


Figura 1.4: Construcción vs. Manufactura comparación de la cantidad de desperdicio (Smith & Tardif, 2009)

CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍAS BIM – ESTADO DEL ARTE

2.1. Definición

Para comenzar a definir adecuadamente lo que son las tecnologías BIM es necesario hacer un esfuerzo por traducir y hallar las palabras españolas adecuadas para el término ya que los orígenes de este término son ingleses. BIM son las siglas empleadas para el término: *Building information Modelling*; cuya traducción al español no puede realizarse literalmente puesto que para la palabra “*Building*” existen dos conceptos distintos y a la vez complementarios, el primero hacer referencia a la palabra “*Edificio*” y el segundo a la palabra “*Construcción*”. La palabra “*Information*” se traduce como “*Información*” y la palabra “*Modelling*” como “*Modelado*” o “*Modelación*”. Este astuto juego de palabras brinda un abanico enorme de posibilidades para el empleo de este término.

La primera cosa que se cruza por la cabeza de una persona del área cuando escucha o lee el término BIM son los programas computacionales o *software* (término que será empleado de ahora en adelante para hacer referencia a cualquier programa computacional). Sin embargo esta concepción no es correcta. Lo más adecuado sería pensar que este tipo de software puede brindarnos todas las herramientas digitales y computacionales para realizar procesos BIM (llevado a cabo por personas) y obtener finalmente un modelo geométrico tridimensional lleno de información relevante (costos, recursos, cronogramas y planos) para la construcción y posterior administración durante el ciclo de vida de una determinada construcción⁹.

En el desarrollo del presente trabajo se emplearán los términos “*proceso(s) BIM*”, “*software BIM*” y “*tecnología(s) BIM*” para ilustrar y definir los siguientes conceptos:

- *Proceso(s) BIM*: Implica todas las actividades, tareas, transformaciones, comunicaciones relacionadas con la cooperación y colaboración entre

⁹ Es necesario mencionar que en un inicio las tecnologías BIM estaban orientadas a la construcción de edificios, ya sean estos orientados a residencias, fábricas, oficinas, escuelas, hospitales, parques o a cualquier otro uso que se pueda pensar para un edificio. En la actualidad se puede encontrar software BIM para el desarrollo de carreteras, puentes y desarrollos urbanos entre otros.

ingenieros, arquitectos, constructores, estimadores, dueños y otros interesados en la creación de un modelo virtual de la construcción.

- *Software BIM*: Son todos aquellos programas computacionales que tienen capacidades de creación de modelos virtuales. Entendiéndose por modelo no simplemente la representación gráfica, sino también las relaciones entre elementos, costos, tiempos de construcción y otra información relevante
- *Tecnología(s) BIM*: Se empleará este término para hacer referencia a la unión y trabajo en conjunto de *procesos y software BIM*. Sin embargo limitarse a la adición de estos dos parámetros no es suficiente, deberá entenderse además como parte de las Tecnologías BIM a la estructura empresarial (organizacional) donde se llevan a cabo los procesos y se emplea el software.

2.2. Campos de Aplicación

Las tecnologías BIM no están orientadas a ser empleadas por cualquier persona, tienen un ámbito y público objetivo. Es necesario, como con toda tecnología, definir qué es lo que esta hace y para quien. Este tipo de tecnología puede ser utilizada por todas aquellas personas que deseen conocer qué, cómo y cuándo va a construirse. Es una herramienta que permite a arquitectos, ingenieros y propietarios visualizar de manera anticipada y realista la geometría, costos y tiempos de construcción para identificar problemas antes y durante el momento de construcción. Es una herramienta que de ser bien implementada puede ayudar a disminuir la cantidad de trabajo en la elaboración de costos, planos y detalles constructivos.

Un propietario que no está involucrado en la administración, no sentirá las mejoras en la calidad y tiempo de trabajo, sólo será sensible al aspecto monetario.

2.2.1. Aquello que no es Tecnología BIM

Si bien no existen mínimos en capacidades para decir si un software es o no un software BIM, existen algunas características que de no existir impiden la inclusión de un software en la categoría de software BIM, esta lista fue elaborada por EASTMAN:

- No permite incluir información y atributos a las representaciones 3D. Dicho de otra manera software que solo permite dibujar en 3D y no incluir información (precio, proveedor, etapa en la que será construida, material u otros) que pueda ser extraída y luego analizada no forma parte de los software BIM. Es simplemente una herramienta de dibujo en 3D.
- No permite el manejo de relaciones y comportamiento de los objetos, no poseen inteligencia paramétrica. Es decir que si uno realiza la modificación de uno de los objetos, los objetos conectados a él no son modificados. Esto provoca que cada conexión o relación entre objetos deba ser manualmente actualizada, labor que consume mucho tiempo.
- Modelos compuestos de varios archivos CAD referenciados. Este tipo de trabajo no permite asegurar que el modelo 3D resultante vaya a ser consistente, fácil de contabilizar y trabajar o que presente algún tipo de parametrización en los objetos contenidos en él.
- Modelos en los que un cambio en las dimensiones en una vista no son automáticamente reflejados en otras. Esto da lugar a que ocurran errores en los planos que muchas veces son difíciles de detectar.

De esta manera puede definirse mejor la frontera entre software BIM y software CAD. Claramente se puede apreciar con las descripciones anteriores que trabajar bajo tecnologías BIM, es algo más que realizar dibujos bonitos en 3D.

2.2.2. Limitaciones

Las tecnologías BIM, como todo tipo de tecnología tienen limitaciones, algunas de ellas podrán ser superadas con el tiempo, algunas de ellas dependen de los procesos BIM y otras dependen del software BIM, muchas veces estas limitaciones también están dadas por la actitud de las personas hacia el cambio. Entre las principales cosas que se puede decir que la tecnología BIM no soluciona son:

- Creación y análisis de modelos ingenieriles. Esto es aplicado a todas las ramas. Un modelo BIM no elimina la necesidad de analizar estructuras, analizar presiones de agua en tuberías o demandas de energía eléctrica para

determinar el diámetro de los cables a usar. No modela el tráfico en ascensores ni determina el tipo de fundaciones que se van a necesitar. Aunque permite visualizar algunos problemas de tipo constructivo (como ubicación de grúas o mejor lugar para almacenar material o cronogramas) no permite analizar estos de manera técnica.

- Aunque permite estimar mejor los costos de la construcción y la cantidad de materiales requeridos y visualizar el acabado final de las cosas, no garantiza los retornos sobre la inversión o provee indicadores de rentabilidad o minimiza los riesgos del proyecto.
- El hecho de emplear tecnologías BIM no quiere decir que milagrosamente se ahorrará dinero o el proyecto costará la tercera parte de lo estimado. Para lograr ahorros debe trabajarse arduamente y analizar muchos aspectos. Es irrisorio pensar que solamente por emplear este tipo de tecnologías se ayudará a reducir costos en la construcción, este tipo de tecnologías ayudará a identificar dónde y de qué manera se pueden reducir costos.

2.3. Presencia actual de las Tecnologías BIM en el mercado actual

Colocar una estadística que diga el porcentaje de empresas a nivel mundial que hasta el momento han podido implementar las tecnologías BIM eficazmente es imposible, existe muy poca o ninguna información al respecto, muchos de los datos recopilados están en base a encuestas en determinados países o manejan datos sobre la cantidad de proyectos públicos que fueron elaborados empleando tecnologías BIM y no brindan información al respecto. Un parámetro interesante que se utiliza para medir el grado de implementación o de avance en la implementación es la creación o no de regulaciones, reglas y normativas para la creación de proyectos empleando tecnologías BIM en distintos países. A modo referencial y sin citar una fuente exacta más que una variedad de artículos web y foros puede afirmarse que países del norte Europeo como Noruega, Finlandia y Dinamarca son los que con mayor éxito están incluyendo estas tecnologías como parte del panorama público, seguido muy de cerca por estados Unidos y algunos países del Asia como Hong Kong y Singapur. Europa y el Reino Unido presentan una creciente tendencia en la aplicación de estas tecnologías en el sector público.

Es mucho más adecuado, más cómodo y veraz citar textos y perspectivas de diversos autores que reflejan el sentir de la industria hacia las tecnologías BIM y la forma en la que la misma percibe la implementación de estas tecnologías.

En la pasada década y aún ahora, se han podido evidenciar pasos gigantes en lo que refiere a las tecnologías BIM, lo cual puede ser igualado por el incremento en la cantidad de usuarios. Muchos profesionales afirman que la implementación e inversión en estas tecnologías vale la pena e incluso la utilizan como medio de marketing. (Hardin, 2009)

Muchas de las organizaciones hoy en día enfrentan incertidumbre económica, mayor competencia por los proyectos y clientes que demandan cada vez menos desperdicio, un mejor uso de la fuerza laboral y de los recursos, cronogramas más cortos, proyectos que no se salgan del presupuesto y menor cantidad de sorpresas desagradables. Todo esto con el fin de evitar litigaciones y asignación de culpas. Es para este tipo de demandas es que las tecnologías BIM fueron diseñadas y encuentran su mayor valor. (Deutsch, 2011)

Kristine K. Fallon, es citada por Randy Deutsch en una entrevista relativa a las tecnologías BIM afirmando que: *"[...]la revolución de la información ya ha llegado y no hay vuelta atrás. Van a haber grandes ganadores y grandes perdedores pero ningún negocio se va a salvar de ser afectado. La habilidad de la ICIA para prosperar en el siglo 21 va a depender de su capacidad de utilizar esta tecnología de información y para aumentar la innovación y eficiencia global de la industria."*¹⁰ (Deutsch, 2011)

¹⁰ Esta nota estaba originalmente en inglés, el autor la tradujo de la manera más fiel posible.

2.4. Planteamiento de la Hipótesis

Con toda la información mencionada anteriormente y en vista del estado mundial del mercado y la tecnología se permite plantear la siguiente hipótesis:

La implementación y trabajo con tecnologías BIM permitirá a las empresas mejorar tiempos de entrega y mejorar la calidad de los proyectos en los que trabajan. Ampliará el abanico de proyectos en los que pueden trabajar y mejorará el ambiente laboral. Además con solo publicitar la implementación de estas tecnologías obtendrán ventajas competitivas frente a sus competidores.

CAPÍTULO 3. FUNDAMENTO DE LA TESIS

3.1. Planteamiento de la Propuesta

Bajo el contexto y antecedentes anteriormente presentados se propone la elaboración de mapas de procesos de implementación de tecnologías BIM, así como también los mapas de procesos para trabajar con las tecnologías BIM una vez estas implementadas. Los mapas describirán las tareas y actores y buscarán hacer sugerencias en base a experiencias recolectadas por otros profesionales detalladas en diversas fuentes bibliográficas. No se incluirá un presupuesto puesto que este varía mucho de acuerdo a la situación de la empresa pero si serán mencionadas, las variables a ser tomadas en cuenta para elaboración de la implementación y se incluirá además una serie de recomendaciones para la constante actualización y mejora de estos procesos.

3.2. Objetivos

3.2.1. General

El objetivo general de este PFG es:

“Diseñar, asignar actores, variables de medición y variables de presupuesto tanto a los procesos de implementación de tecnologías BIM como a los procesos de trabajo y mejora continua bajo las mismas para la empresa tipo en América Latina”

3.2.2. Específicos

Para poder alcanzar el objetivo general se identifican los siguientes objetivos específicos, los cuales delimitan y aclaran el trabajo a realizar:

- Definir los procesos de implementación a realizar, identificar cada una de las tareas y la sucesión y relación entre ellas.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de los procesos de implementación.
- Identificar los actores y requerimientos para las tareas de diseño.

- Diseñar los procesos de trabajo en los cuales se emplearán tecnologías BIM
- Mencionar posibles aspectos legales que deban administrarse dentro de los procesos de diseño con las tecnologías BIM.

3.3. Alcance

Este trabajo pretende crear una guía para la implementación y trabajo bajo tecnologías BIM, sin embargo es necesario delimitar el alcance y las cosas que no serán incluidas en el trabajo. Entre estas podemos citar:

- No se incluye el presupuesto del programa a implementar
- No se realiza el diseño de los puestos a menos que estos sean estrictamente necesarios para la implementación de las tecnologías BIM o su trabajo con ellas.
- No se incluye un cronograma de implementación, este deberá ser definido por la misma empresa de acuerdo a su situación. Esto además se respalda en que las tareas no son relevantes del tiempo, eso sí, las relaciones de precesión entre tareas deberán ser respetadas.
- Los procesos serán descritos como diagramas de flujo y esquemas entendibles, se describirán las tareas y los recursos necesarios para realizarlas. No se realizarán recomendaciones de empleo de algún software en específico o se elaboraran estos para trabajar con algún tipo de software en especial. Si algún tipo de software BIM fuera mencionado, será para ejemplificar una situación.
- Aunque muchos de los procesos tendrán descripciones de las relaciones que deben esperarse entre los trabajadores y recomendaciones de cómo se pueden mejorar éstas, además de ser mencionadas como parte del cambio de mentalidad. El presente trabajo está enfocado en los procesos y no en la sociología asociada a las tecnologías BIM.

Dentro de estos parámetros y directrices con los que se enfocará el desarrollo del proyecto. Al final del mismo se realizará una presentación de conclusiones y recomendaciones a los procesos diseñados.

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

4.1. Actores

Cómo en todo cambio de estrategia empresarial, los cambios para la implementación exitosa de las tecnologías BIM deben venir impulsados desde los cargos de liderazgo. Esto no quiere decir que los cargos que no tienen tareas asignadas de dirección deban callarse, es más, son estos los que permiten que la implementación sea totalmente exitosa.

La decisión de implementar estas tecnologías es más una decisión de negocios que una decisión técnica. Las tecnologías BIM permiten mejorar la comunicación entre socios de negocio, mejorando la calidad de la información disponible para la toma de decisiones, mejorando la calidad de los servicios entregados, reduciendo el tiempo de los ciclos de trabajo y reduciendo costos en toda etapa del ciclo de vida de los edificios (construcciones). Pero si bien abre la puerta para a estas posibilidades no hace que estas sucedan. La tecnología debe ser instalada como parte de una estrategia de negocio comprensible para ser exitosa. Muchos procesos y flujos deberán cambiar para hacer uso de esta tecnología. (Smith & Tardif, 2009)

Se recalca nuevamente que los cambios deben afectar a toda la empresa y no habrá persona que no vea su puesto afectado por la implementación de las tecnologías BIM. Como este capítulo se basa en la implementación, los actores definidos acá son personas pertenecientes a la empresa o ligadas directamente a los procesos de implementación, no se incluyen actores externos que influyen en los procesos de diseño, estos serán analizados más adelante. Entonces los principales actores y sus roles pueden ser definidos como siguen:

- *Directivos:* Son quienes deben dar las guías y directrices para la implementación, de ellos debe partir la visión estratégica y los objetivos que deberán lograrse tras la implementación.
- *Diseñadores:* Son los arquitectos e ingenieros, los que poseen el conocimiento técnico, podría decirse que son el corazón de la empresa. Son ellos quienes

deberán utilizar el software para representar sus diseños, en muchas empresas los ingenieros no requieren un conocimiento especializado de las tecnologías CAD. Sin embargo al implementar las tecnologías BIM sus habilidades con el software BIM deberán crecer y ser mayores a las capacidades y habilidades que estos poseían con el software CAD. Esto porque el software BIM no solamente permite representar y hacer planos, si no que ayudará directamente a algunas de las labores de diseño.

- *Dibujantes:* Generalmente son jóvenes o personas con altas capacidades de manejo del software CAD, no necesariamente poseen un conocimiento técnico muy elevado. Sin embargo durante la implementación deberán ocuparse de elevar este conocimiento porque ya no debieran existir personas que solamente dibujen, si no serán todos quienes aporten al diseño y se encarguen del detallado y elaboración de los modelos constructivos. Los dibujantes tendrán que aumentar sus habilidades técnicas.
- *Informática:* El área de informática tomará una nueva estructura, probablemente no cambiará mucho el hardware pero la forma en la que se maneja y archiva la información tomará un nuevo formato, la forma en la que se accede a la misma también. Es necesario que el área de informática tome un rol más activo y dinámico no remitiéndose solamente al mantenimiento y “back-up” de la información. Deberá evolucionar para permitir y mejorar el trabajo colaborativo, de manera que los archivos reflejen un orden adecuado y estén listos para cuando deban usarse por uno o más usuarios. La información deberá clasificarse más adecuadamente y administrarse bajo nuevos estándares.

4.2. Objetivos de la Implementación

En la guía de implementación propuesta por la Autodesk, cuyas tablas se pueden encontrar en el Anexo 1, se plantean preguntas importantes relativas a la implementación de las tecnologías BIM, aunque muchas de estas preguntas podrían ser respondidas en los primeros 3 puntos del plan de implementación que se sugiere en los siguientes apartados, es prudente que un gerente antes de comenzar a implementar las tecnologías BIM esté convencido de las ventajas y capacidades de

estas tecnologías, deberá ser él quien antes defina los lineamientos y objetivos que se pretenden alcanzar y la forma en la que estos se alinearán a la misión, visión y forma de trabajo de la empresa.

El primer grupo de preguntas se relaciona con la visión organizacional. ¿Cuál es la visión organizacional? ¿Cómo las tecnologías BIM complementan y mejoran la visión organizacional? Y ¿Cómo las tecnologías BIM alteran la visión organizacional? Respondidas estas preguntas se tendrá un panorama más claro de a quién, cómo y cuándo se debe recurrir.

Seguidamente se debe elaborar una lista de objetivos BIM que sean medibles y que se pueda identificar no solamente si estos fueron logrados o no, si no también cómo, bajo qué circunstancias y en qué tiempo.

Dependiendo del rubro de la empresa (arquitectura, estructuras, sistemas eléctricos y mecánicos, consultoría integrada u otros) se deberán definir qué tipo de modelos son los que se crearán dentro de la empresa. ¿Serán los modelos de la estructura? ¿De la arquitectura? ¿De las instalaciones eléctricas? ¿Tal vez de las sanitarias y de tuberías y plomería? Igualmente importante es definir, en esta misma fase, con quienes se compartirá el modelo y en qué etapas del proyecto o desarrollo se lo hará. De ser posible el software a utilizarse debe definirse en esta etapa, caso contrario, por lo menos deberán identificarse las funciones y características que el software requiere para lograr lo anteriormente mencionado.

Aun cuando parezca un poco redundante y hasta obvio por ser el corazón de la empresa, es importante preguntarse qué tipo de información y para qué se necesita el modelo creado. ¿Se empleará el modelo para construir? ¿Servirá el modelo también para realizar análisis (estructurales, temperatura, iluminación, energía) sobre él? ¿Para realizar estimaciones de costos? ¿Para analizar problemas constructivos? ¿Para analizar el desarrollo de la construcción en distintas fases? Estas preguntas pueden ayudar a identificar mejor la forma en la que se asimilarán los cambios o incluso

posibles oportunidades de ampliar los servicios de la empresa puesto que muchas veces un modelo BIM facilita la realización de nuevos análisis.

Después de haber analizado los requerimientos y la forma de influencia sobre la empresa, se llega a la pregunta ¿Con qué recursos cuento? ¿Qué personas tienen que habilidades? ¿Qué personas será necesario entrenar en el uso de estas tecnologías? ¿Cuándo, cómo, quien y en qué serán entrenados? Con estas preguntas los lineamientos para la implementación están definidos y solamente faltaría definir los esquemas colaborativos de trabajo con otras empresas. Estos serán definidos para cada proyecto, puesto que cada proyecto es distinto y no todos los involucrados trabajan de la misma manera.

4.3. Elección del Software

Dependiendo de la naturaleza de la empresa y de cuales sean sus actividades generadoras de valor se debe escoger el software adecuado para las tareas. Si bien los procesos BIM son relativamente independientes del software y los resultados también, es importante escoger bien el software pues sobre este se realizarán los procesos de diseño. Una vez que los usuarios adquieran dominio del mismo es que podrán usar el mismo de manera más eficiente y aprovechar al máximo sus funciones. Existen distintos software para distintas ramas de la ingeniería y arquitectura. La Tabla 4-1 muestra cuales son los distintos software más empleados en la Industria.

Tabla 4-1: Software BIM más usado para distintos rubros de la Industria

Rubro	Software BIM
Mecánico, Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado	Carrier E20-II HVAC System Design Bentley Building Mechanical Systems VectorWorks Architect AutoCAD MEP AutoDesk REVIT MEP CAD-DUCT CAD-MEP CAD-MEC
Electrico	Bentley Building Electrical VectorWorks Architect Autodesk Revit MEP CADPIPE Electrical

Rubro	Software BIM
Plomería y Ductos	VectorWorks Architect ProCAD 3D Smart Quickpen Pipedesigner 3D AutoDesk Revit MEP AutoCad MEP CADPIPE
Ascensores y	Elevate 6.0
Acondicionamiento de terreno	Autodesk Civil 3D Bentley PowerCivil EaglePoint's Landscape and Irrigation
Estructural	Tekla Structures Autodesk Revit Structures Bentley Estructural

Tabla 4-2: Software BIM y sus características (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Software BIM	Empleado en	Funcionalidad	Fuente de Información
Tekla Structures	Acero estructural, hormigón prefabricado, concreto in-situ, sistemas eléctricos, tuberías, muros cortina	Modelado, preproceso de análisis, detalles de fabricación, coordinación	www.tekla.com
SDS/2 Design Data	Acero Estructural	Detalles de fabricación	www.dsndata.com
StruCAD	Acero Estructural	Detalles de fabricación	www.acecadsoftware.com/steel_detailing
Revit Structures	Acero Estructural, Concreto in-situ	Modelado, preproceso de análisis	www.autodesk.com/revit
Revit MEP	Mecánica, Eléctrico, Plomería y tuberías	Modelado	www.autodesk.com/revit
3d+	Acero estructural		3dplus.cscworld.com/
Structureworks	Hormigón pre-fabricado	Modelado, detalles de fabricación	www.structureworks.net
Revit Architecture	Muros Cortina	Modelado	www.autodesk.com/revit
aSa Rebar Software	Concreto in-situ	Estimación, detallado, producción, contabilidad, rastreo de materiales	www.asarebar.com
Allplan Engineering	Acero estructural, hormigón in-situ, hormigón prefabricado	Modelado, detalle de refuerzo	www.allplan.com
Allplan Architecture	Muros Cortina	Modelado	www.allplan.com
Catia (Digital Project)	Muros Cortina	Modelado, análisis de elementos finitos, análisis de información para	www.3ds.com

Software BIM	Empleado en	Funcionalidad	Fuente de Información
		producción bajo control numérico computarizado	
Graphisoft ArchiGlazing	Muros Cortina	Modelado	www.graphisoft.com
SoftTech V6	Muros Cortina	Modelado y detalles de fabricación	www.softtechnz.com
CADPIPE Commercial Pipe	Tuberías y plomería	Modelado y detalles de fabricación	www.cadpipe.com
CADPIPE HVAC and Hanger	Ductos de calefacción, ventilación y aire acondicionado	Modelado y detalles de fabricación	www.cadpipe.com
CADPIPE Electrical and Hanger	Conductos eléctricos, bandejas de cables	Modelado y detallado	www.cadpipe.com
Quickpen PipeDesigner	Tuberías y Plomería	Modelado y detalles de fabricación	www.quickpen.com
Quickpen DuctDesigner	Ductos de calefacción, ventilación y aire acondicionado	Modelado y detalles de fabricación	www.quickpen.com
Bentley Building Mechanical Systems	Ductos generales y de calefacción, ventilación y aire acondicionado	Modelado	www.bentley.com
Graphisoft MEP Modeler	Ductos generales y de calefacción, ventilación y aire acondicionado, bandejas de cables	Modelado	www.graphisoft.com
CADmep+ FABmep+	Ductos generales y de calefacción, ventilación y aire acondicionado	Modelado y detalles de fabricación	www.map-software.com
SprinkCAD	Sistemas de sprinkles contra incendios	Modelado y detallado	www.sprinkcad.com
Frameworkright pro	Pórticos de madera	Modelado y detalles de fabricación	www.encia.co.uk/frameworkright_pro.html
MWF-Metal Wood Frammer	Acero de baja resistencia y pórticos de madera	Modelado y detalles de fabricación	www.strucsoftsolutions.com/mwf.asp

Más adelante se expondrá la interoperabilidad entre distintas aplicaciones y su importancia para los procesos de diseño, también es importante realizar la elección del software teniendo en cuenta con quienes se intercambiará información.

4.4. Descripción del proceso

Existen muchos procesos posibles para afrontar la implementación de las tecnologías BIM, estos procesos varían un poco de acuerdo a las características de las empresas y los lugares. Uno de estos procesos descrito por John Stebbins, es citado por Deutsch. Según Stebbins los pasos a seguir son:

1. Establecer un compromiso total de los directores y gerentes de la empresa.
2. Escoger un “campeón” del cambio¹¹.
3. Desarrollar un plan de implementación.
4. Seleccionar un proyecto y equipo de trabajo piloto.
5. Contratar a un consultor BIM.
6. Iniciar el entrenamiento oficial.
7. Cambiar vocabulario y cambiar percepción.
8. Evaluar el plan de implementación.
9. Crear un manual BIM
10. Repetir el proceso anterior con todos los equipos restantes. Empezar los nuevos trabajos empleando BIM

Aunque este plan de implementación es completo y pareciera explicarse solo existen puntos flacos en él puesto no hay una aclaración de lo que se debe realizar para lograr cada etapa. Para los fines de este trabajo se juzga que el proceso de implementación propuesto por HARDIN es mucho más adecuado, y se encuentra mejor documentado. Este procesos de 10 pasos tiene similitudes con el anterior, no en nombre u orden, pero si en contenido.

4.4.1. Identificar un Gerente BIM

Un Gerente BIM debe ser la persona que creará y facilitará los procesos BIM. Esto involucra coordinar toda la información de arquitectos, ingenieros, contratistas y sub-contratistas. Entre sus otras responsabilidades también se encuentra coordinar puntos de referencia en los proyectos y elaborar cronogramas que identifiquen los momentos

¹¹ Persona que muestra mucho interés por el cambio y luchará hasta el final por implementarlo. Lo defenderá y arrastra a las demás personas a cambiar también.

en los que se realizará la unificación de modelos y la detección de sobreposiciones. (Hardin, 2009)

Es una sabia decisión convertir en Gerente BIM a alguien del interior de la empresa que ya tenga experiencia en dirección de proyectos y conozca bien cómo funcionan las cosas al interior de la empresa. Debe conocer además cómo funciona el software y cómo se lo puede aplicar a las diversas partes del proceso de diseño. (Hardin, 2009)

4.4.2. Estimar el costo y tiempo para implementar el uso de Software BIM

El siguiente paso es elaborar un plan de adquisición de software, hardware y otras herramientas asociadas a la implementación de las tecnologías BIM. Debe incluir los costos anuales de licencias, los de capacitación y entrenamiento y los costos de consultorías adicionales. Es importante que para que la empresa pueda valorar monetariamente se incluyan en este presupuesto los cambios que requieren de dinero extra al que está tradicionalmente asignado para estos fines.

4.4.3. Desarrollar un plan de integración

Este plan consiste en los planes de adquisición de software, de entrenamiento, hardware y una explicación del porqué la compañía invierte en esta tecnología. Debe explicar cómo las tecnologías BIM se difundirán y acoplarán en la empresa. Es necesario tomar en cuenta que este plan deberá abarcar todas las oficinas. Para organizaciones o empresas que estén presentes en más de una ciudad es necesario que el plan contemple todas las sucursales. Es recomendable que el plan de implementación se realice primero en una oficina o filial y después de haber sido exitosamente implementado se siga con las siguientes. En organizaciones pequeñas elaborar el plan es mucho más fácil y debe realizarse teniendo en consideración algunas limitantes y particularidades de las formas de trabajo (la gente y los lazos de trabajo en organizaciones pequeñas son mucho más fuertes e interrelacionados). (Hardin, 2009)

4.4.4. Empezar Pequeño

La mejor manera de implementar las tecnologías BIM es entrenando al equipo con un proyecto real. Muchas empresas deciden entrenar al personal primero y luego proceder con un proyecto real. Otras deciden hacerlo al mismo tiempo, entrenan haciendo el proyecto real. Ambos enfoques son válidos y mucho más exitosos que métodos inestructurados de sesiones “apréndalo usted mismo” en medio del tiempo del trabajo. (Autodesk, 2007)

4.4.5. Mantener entrenado al Gerente

Si el gerente no está entrenado en el software BIM a usar por la empresa no podrá dar retroalimentación adecuada o actuar adecuadamente dentro del trabajo colaborativo. Esto no quiere decir que el gerente deba tener un manejo proficiente del software pero sí debe conocer lo necesario para poder adecuar y guiar los procesos y el equipo hacia las metas planteadas.

4.4.6. Apoyar el Gerente creando un departamento

Dependiendo de la naturaleza de la empresa esta labor puede ser más o menos difícil, en empresas constructoras puede ser más difícil que para empresas de ingeniería o arquitectura. Será en este departamento donde caerá la mayor carga de modelación. Aunque es muy difícil establecer las fronteras de lo que hace un departamento BIM (puesto que sus procesos pueden llegar a influir mucho en el diseño e ingeniería misma) es necesario crearlo para que los proyectos puedan ser mejor liderados y la carga distribuida adecuadamente entre los especialistas BIM.

4.4.7. Aferrarse al plan pero mantenerse abierto

Mantenerse aferrado al plan es una cosa muy difícil de hacer, porque involucra apoyar al gerente BIM en la compra de Software, realizar la compra a tiempo y asegurarse que los ingenieros e involucrados estén siendo adecuadamente capacitados en el uso del programa en sus actividades diarias. (Hardin, 2009)

Aunque mantenerse de acuerdo al plan es muy importante es necesario también ser flexible puesto que la implementación de las tecnologías podría durar años y es muy

importante que el plan original se mantenga flexible para responder a los cambios tecnológicos y temporales cada vez que se avanza en el proyecto. (Hardin, 2009)

4.4.8. Crear recursos

Por crear recursos se refiere a crear tutoriales y guías internas. Esto ayuda no solamente a evaluar el desarrollo del personal sino también permitirá estandarizar algunas prácticas dentro de la misma compañía. Es prudente que estos tutoriales sean de fácil acceso y se encuentren dentro del servidor de la compañía o en la página de intranet. (Hardin, 2009)

4.4.9. Analizar la implementación

Después de la implementación piloto inicial, es necesario evaluar las ganancias y la pérdidas en el(los) proyecto(s) piloto. Se debe buscar elaborar una estrategia a largo plazo. El equipo de trabajo debe buscar entrar en confianza con el software y los procesos y evaluar los mismos teniendo en mente las formas de ganar y proveer mejores servicios en futuros proyectos. (Kirby, 2006)

4.4.10. Monitorear el mercado por nuevas ofertas y tendencias

El administrador BIM tiene la obligación de mantenerse al día con las tendencias del mercado y la industria. Esto le permitirá no solamente estar organizado sino ayudar a la empresa a mantener una posición de liderazgo. Esto se logra a través de:

- Mantenerse al tanto de las tendencias en la industria, actualizaciones de software y las nuevas capacidades y herramientas que este ofrece.
- Estando al día permite ofrecer a los clientes, nuevas ofertas y proposiciones de valor que permitirán a la empresa seguir creciendo.
- Desarrollando la capacidad de crear valor e ingresos fuera del campo fuerte de la compañía. Estar atento a lo que está sucediendo en el alrededor puede ser una buena forma de ampliar el mercado.

Naturalmente es importante que además un gerente BIM no solo lea las novedades sino también asista a las conferencias, presentaciones y foros de construcción que se relacionen con este tipo de tecnologías. (Hardin, 2009)

4.5. Duración

Si bien anteriormente mencionamos que el tiempo de implementación de las tecnologías BIM es variable puesto que no depende mucho de las tareas o contiene elementos que presionen para su adopción e implementación es importante tener en cuenta que:

- El software se actualiza, las normas también, cuando uno decide entrar debe hacerlo tan rápido como le sea posible, su decisión y plan puede desactualizarse si espera mucho. No está bien hacer las cosas dos veces.
- Nadie aprende de la noche a la mañana
- Uno no puede esperar a saberlo todo para comenzar a hacer algo, debe comenzar con un nivel básico e ir solucionando los problemas a medida que se van presentando. Es probable que uno enfrente pocos de los problemas de los que se imaginó, pero también deba afrontar problemas muy distintos a los que esperados.

4.6. Variables del Presupuesto

Existen varias cosas a tomar en cuenta al momento de elaborar un presupuesto, obviamente nadie implementa algo o realiza una inversión si no piensa cosechar frutos, sin embargo cuando se trata de las tecnologías BIM algunos aspectos a considerar van más allá de lo evidente. Entre los principales aspectos a considerar están:

- *Costo del Software:* Naturalmente el costo del Software es una de las cosas más importantes del presupuesto. Dependiendo de la situación de la empresa podría incluso ser el principal coste. Muchas veces el software puede venir como un conjunto de programas pequeños que aumentan funcionalidades a una de las aplicaciones principales. Es importante informarse adecuadamente y

escoger el software cuyas funciones se adecuen a las tareas y objetivos de la empresa.

- **Costo de Actualización de Hardware:** Debido a que es muy probable que con el nuevo software se necesiten actualizaciones de hardware y teniendo en cuenta que las oficinas pequeñas no siempre tienen los recursos necesarios para actualizaciones radicales de este tipo. Es recomendable que las estaciones de trabajo estén lo más cerca recomendable de los requerimientos del software, sin embargo las redes solo necesitan ser actualizadas cuando el desempeño de las mismas se convierta en un problema. Sea proactivo con los CPU's y reactivo con las redes. (Autodesk, 2007)
- **Contratación nuevo personal o consultoría:** Muy difícilmente la empresa tendrá todo el personal y/o conocimiento necesario para llevar a cabo la implementación exitosa de las tecnologías BIM, es probable que se deba incluir en el presupuesto la contratación de personal permanente con experiencia en el área o contratar para la realización de algunas tareas de la implementación a una empresa especializada.
- **Costos de entrenamiento:** Debido a que las tecnologías BIM para poder aprovecharse adecuadamente requieren un proceso de aprendizaje que no es tan directamente derivable de los conocimientos CAD es necesario que el personal clave sea entrenado adecuadamente para que este conocimiento pueda ser después bien difundido dentro de la empresa.
- **Horas Extras:** La pérdida de horas pagables siempre es una preocupación cuando se implementa el sistema. Esto es particularmente cierto para empresas pequeñas con tiempos de proyecto cortos. Sin embargo el entretenimiento es esencial y muchas veces los retrasos en un proyecto son inevitables. En algunas situaciones se puede aprovechar la oportunidad para que los líderes de proyecto hablen con el cliente y le expliquen los beneficios del sistema para él: documentación mucho mejor coordinada o mayor cantidad de renders fotorealísticos a costos menores. Esto puede ayudar a que el cliente incluso se ajuste a este cronograma. Si las tensiones se elevan siempre es

bueno recordar que los beneficios de productividad serán mucho mayores que las pérdidas por unas cuantas horas extras a largo plazo. (Kirby, 2006)

4.7. Áreas afectadas de la organización

Como ya se mencionó antes, la implementación de las tecnologías BIM afecta de una manera u otra a todas las áreas del negocio, el cómo lo hace depende de la forma en la que se implementaron y el grado de madurez que estas tienen dentro de la empresa. Las áreas afectadas generalmente son: Marketing, Recursos Humanos, Finanzas, Informática y Operaciones. A continuación se describirá la forma en la que cada área se ve afectada.

4.7.1. Marketing

Debido a que las tecnologías BIM significan distintas cosas para distintas personas y crean expectativas extremadamente elevadas en los actuales y en los posibles clientes. Es necesario que la empresa sea capaz de acordar adecuadamente el enfoque de los servicios relacionados con las tecnologías BIM que podrá entregar. Es así que algunas ventajas derivadas de los procesos BIM pueden ser aprovechadas como oportunidades de negocio, sin embargo debido a que el personal de Marketing nunca será un experto técnico (además de que no es su trabajo) puede llegar a suceder que se estén publicitando cosas inexistentes o forzando al equipo técnico a entregar cosas que todavía no son capaces de realizar. Es por esta razón que es importante enumerar adecuadamente los beneficios de estas tecnologías y los productos que se pueden obtener del uso de las mismas para ayudar a un manejo de marketing efectivo. (Smith & Tardif, 2009)

4.7.2. Recursos Humanos

Profesionales de la industria han observado que la implementación de tecnologías BIM lleva a la reducción de puestos de trabajo de gente con bajos conocimientos técnicos, esto significa que la implementación de estas tecnologías requiere que los profesionales de las empresas poseen un nivel creativo y técnico más elevado. Más trabajo deberá ser realizado por personas con altas capacidades. En el corto plazo las universidades y centros de educación se verán en problemas de llenar este vacío por lo

cual las empresas deberán implementar formas de capacitación en su personal. La metodología de dejar que los nuevos profesionales “aprendan las cosas haciendo” dejará en desventaja a las empresas que opten por este camino, es necesario que las empresas tengan un plan de entrenamiento e inducción BIM puesto que en un ambiente colaborativo, el ritmo de trabajo no va marcado por el que más rápido pueda hacer las cosas en la empresa, si no por el que menos. (Smith & Tardif, 2009)

4.7.3. Finanzas

Existen dos aspectos en las finanzas de las empresas: la contabilidad y la administración financiera. Aunque muchas veces estas tareas se encuentran fusionadas no son la misma cosa. El objetivo principal de la contabilidad es determinar las obligaciones fiscales de la empresa, el objetivo de la administración financiera es establecer una meta de utilidades y administrar los recursos y procesos de la empresa para alcanzar dicha meta. (Smith & Tardif, 2009)

Para la contabilidad existen 2 componentes básicos:

- Entradas, compuesto por ingresos, egresos y tiempo (o trabajo)
- Salidas, que consiste de los típicos reportes financieros como la hoja de balance, el informe de utilidades y pérdidas, el reporte de flujo de caja y costos de trabajo del proyecto.

Para la administración financiera existen tres actividades principales:

- Predicción, que consiste en elaborar un presupuesto anual, un plan de ganancias anuales y presupuestos de proyecto
- Medición, que involucra analizar la información de los reportes financieros y determinar si las metas de costos y utilidades están siendo cumplidas.
- Toma de decisiones, son las acciones que serán tomadas sobre toda la empresa y proyectos individuales para cumplir con las predicciones financieras.

Las tecnologías BIM no cambiarán estas tareas, sin embargo pueden ayudar a mejorar grandemente las actividades de la administración financiera. Esto sucederá gracias a que se podrán identificar los problemas bastante antes de que ocurran y no como ocurre usualmente: tomando medidas apresuradas en base a la experiencia del gerente. (Smith & Tardif, 2009)

La habilidad del equipo de diseño de influir sobre el costo del proyecto es mucho mayor mientras menos ejecutado se encuentre este, es decir mientras todavía está en la etapa de conceptualización, a medida que va avanzando el proyecto se observa que la capacidad del equipo de diseño va disminuyendo mientras que los costos por el cambio del diseño para corregir esas falencias del proyecto van aumentando. Esto se ve claramente en la

Figura 4.1.

Otro punto a resaltar es que bajo los procesos tradicionales la etapa más fuerte del trabajo para el proceso de diseño es la elaboración de la documentación de construcción, etapa en la que de no identificarse los problemas de diseño, no podrán ser solucionados fácilmente. En los procesos de proyectos de diseño integrado, se puede observar que la etapa más fuerte de trabajo está en la definición de criterios de diseño y el diseño en detalle, etapas en las cuales todavía se puede influir sobre los cambios y detectar errores a tiempo suficiente antes de que los costos de corrección sean muy grandes.

4.7.4. Informática

Aunque en muchos negocios la informática ha sido elevada a parte de las operaciones que generan ganancia este no es necesariamente el caso de la ICIA donde la informática es una función básica de soporte. Es esencial para el funcionamiento de la organización pero no genera ganancia.

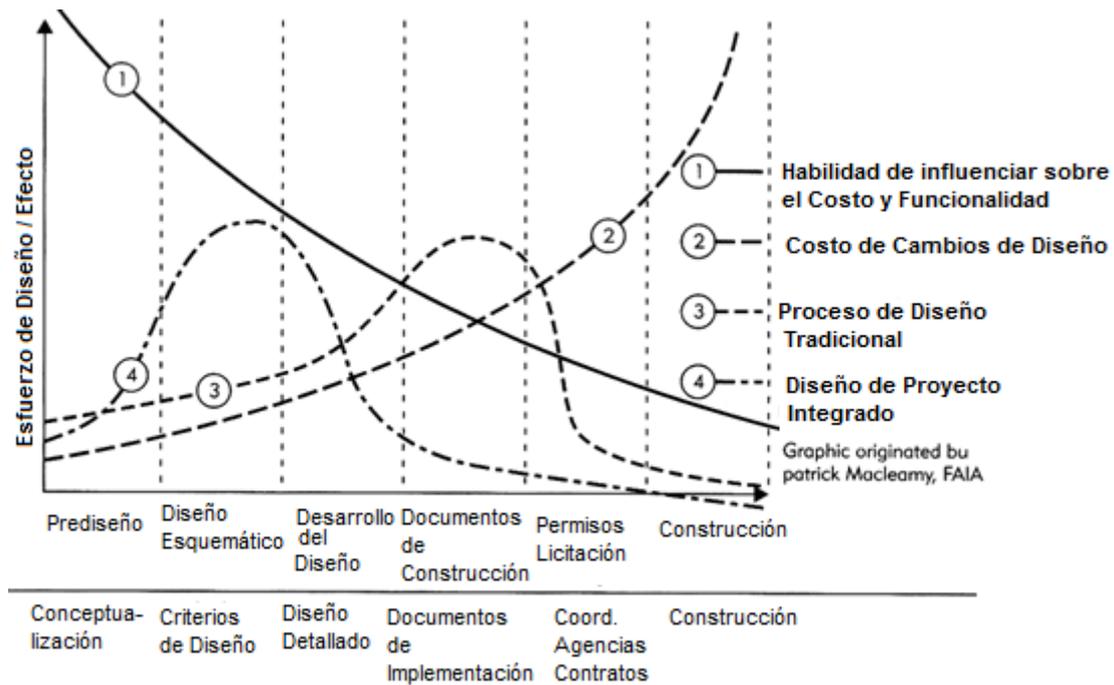


Figura 4.1: Diseño/Trabajo por el costo de cambio (Smith & Tardif, 2009)

4.7.5. Operaciones

Las operaciones son la razón de porqué existe la empresa, todas las demás áreas existen para apoyar a las operaciones que añaden y generan valor. Estas deben ser el enfoque principal de la empresa y se debe trabajar en fortalecerlas. En el mundo de la ICIA la información está al centro de los procesos, es el medio de intercambio que permite que todos realicen sus actividades. Cuando el flujo de información se detiene, el trabajo se detiene. Entonces quiere decir que para modificar los procesos es necesario poner atención al flujo de información. (Smith & Tardif, 2009)

CAPÍTULO 5. PROCESOS DE DISEÑO BAJO EL SISTEMA IMPLEMENTADO

5.1. Partes Interesadas

Si bien ya fueron mencionados anteriormente y probablemente algunos roles se explican a sí mismos se mencionarán a las principales partes interesadas en la implementación de las tecnologías BIM y que además tomarán parte en los diversos procesos de diseño, estas son:

- Propietario: Como su nombre lo dice es el dueño del proyecto, quien coloca los lineamientos principales quien utilizará la obra civil después de concluida la construcción.
- Consultores: Toman un rol importante puesto que son los que muchas veces tienen la decisión en aspectos de diseño de los distintos sistemas instalados y deben coordinar el trabajo y diseño con varias áreas. Este rol estará fusionado o incluido dentro del rol del contratista para proyectos de diseño integrado.
- Arquitecto: Dependiendo de la naturaleza del proyecto pueden ser ellos los que mayor peso tengan respecto a aspectos de diseño y su labor.
- Contratista: Puesto que será el que efectivamente construirá el proyecto, su opinión es altamente importante y determinará qué tan fácilmente se puede construir el proyecto o las dificultades que puedan surgir en su implementación.
- Proveedores: Su rol puede ser decisivo en algunas partes del proyecto, puesto que la disponibilidad de algunos materiales de construcción o la entrega de determinados sistemas puede ser crucial para el proyecto. Algunos equipos que ellos tengan tendrán influencia en los espacios requeridos para su instalación, operación y mantenimiento.
- Especialistas: Son aquellas personas que no forman parte de los sistemas tradicionales y que entran a jugar un papel importante cuando en la obra a construirse existen solicitudes muy especiales.

Esta breve descripción nos ayudará a delimitar el campo de acción y la forma en la que influyen cada una de las partes interesadas y su función en la ejecución del proyecto.

5.2. Procesos de diseño

El diseño de cualquier obra de ingeniería no responde a un proceso lineal, si no es un ciclo hasta que se llega a obtener una solución óptima que cumpla con los requisitos. Esto nos lleva a esquematizar los procesos de diseño como un conjunto de entradas, que serán transformadas por actividades cíclicas hasta que el producto alcance un nivel de detalle adecuado que pasará luego a la construcción.

Estos procesos tampoco pueden definirse como procesos que siempre requieren el mismo tipo de entrada de datos, es por esto que los procesos se van adaptando de acuerdo a las solicitudes del proyecto. Lo más estandarizado que puede realizarse para estos procesos es un flujo de preguntas que deben irse respondiendo para determinar el orden de las tareas de diseño. Un flujo típico para una empresa de ingeniería se encuentra en la Figura 5.1.

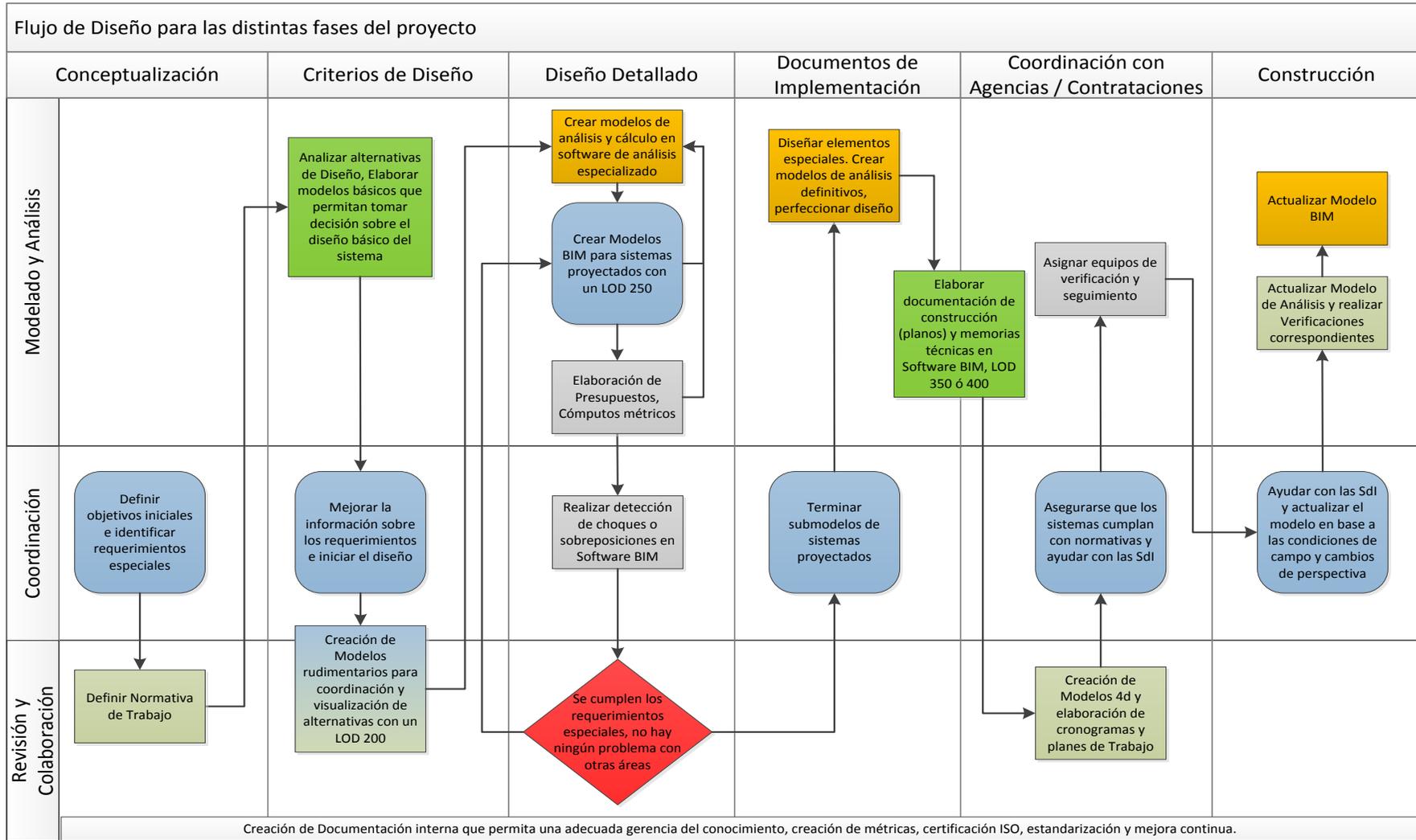


Figura 5.1: Flujo de Trabajo dentro de empresas de Ingeniería

Este flujo representa las tareas más significativas del trabajo de diseño, coordinación y colaboración. Detalles sobre tareas de colaboración bajo distintos tipos de contrato se detallarán posteriormente. Sin embargo existen recomendaciones que no pueden ser incluidas en el flujo puesto que pueden ser incluidas como parte de una tarea, no corresponden al flujo en sí mismo o deben realizarse a lo largo del proyecto. Entre estas encontramos:

- Elaborar una lista de las personas responsables de las distintas partes del proyecto y a quienes se deberá recurrir para modificaciones o coordinación de reuniones. Esto es particularmente importante cuando se necesite trabajar con muchas empresas.
- Elaborar un documento previo, en el que se describan los objetivos del proyecto, las fases e hitos más importantes dentro del mismo, esto ayudará a que todos estén siempre en la misma página y que las sugerencias siempre sean en pro de los objetivos del proyecto.
- Asignar a los administradores de modelos, tanto dentro como fuera de la empresa. Dentro de la empresa se deberán asignar los permisos y autorizaciones necesarias de manera que el modelo que se vaya a compartir con las otras partes siempre refleje la última versión.
- Planificar qué modelos serán los que se construirán y quien los construirá. Esta no siempre es una decisión obvia. Muchos sistemas de aire acondicionado necesitan diversos requerimientos eléctricos e incluso tuberías de agua, deberá definirse bien el alcance del electricista y del especialista en aire acondicionado. Se evitarán así redundancias en el modelo.
- Elaborar un sistema de almacenamiento de datos. Esta función cae generalmente en el administrador general del modelo, sin embargo un sistema de nombramiento para los modelos puede ayudar a identificar más fácilmente qué modelo corresponde a qué área, el porcentaje de desarrollo del modelo y otra información relevante sin tener que abrir el modelo y revisarlo.

Estas sugerencias pueden implementarse fácilmente, para esto la Autodesk elaboró una serie de tablas que puede encontrarse en el Anexo 2.

5.2.1. Normativa de Trabajo

La definición de Estándares es esencial para poder aprovechar las tecnologías BIM, en un proyecto. No es suficiente con tener la información en un modelo. Esta debe ser universalmente entendible y accesible, de otra manera solamente es útil para los individuos que la insertaron en el modelo originalmente. Una taxonomía estandarizada de los términos de diseño y construcción permiten que la información sea compartida libremente dejando fuera la posibilidad de errores en la terminología. (Weygant, 2011)

Los términos en la construcción pueden ser muy confusos y muchas veces acarrear múltiples definiciones. Un ejemplo claro de esto son términos como Cocina o Muro, no se puede saber exactamente si con el término cocina uno se refiere a las hornillas o al espacio y área entera que se destinará para cocinar, el término muro es mucho más ambiguo, pues no define qué tipo de muro es, si es solamente divisorio, de mampostería o de hormigón. Es necesario que se manejen términos que eviten confusiones. Una estrategia para esto es la numeración. El empleo de información alfanumérica permite que una base de datos ingrese, organice y extraiga fácil y rápidamente información pertinente a distintas disciplinas. (Weygant, 2011)

Existen varios formatos aceptados como estándares en la industria. Estos toman en consideración el tipo de proyecto, el tipo de trabajo y algunos tipos de trabajo especializado. Los formatos más conocidos son Master Format, UniFormat y OmniClass, estos permiten que la información sea juntada de manera lógica y leíble. El nivel de algunos de estos estándares es mayor al requerido, sin embargo ayudan a la coordinación.

5.2.1.1. MasterFormat

Por muchos años ha sido reconocido como el estándar para la industria de la construcción. A medida que se van desarrollando los proyectos se genera una serie de documentos para archivar el proyecto así como información de cómo es que se va estructurando el proyecto. MasterFormat sigue una jerarquía específica para organizar el manual de proyecto de manera que siempre se sepa dónde encontrar la información

que se está buscando. Este se subdivide en 5 grupos cada uno compuesto por distintas divisiones haciendo un total de 49 divisiones. Los subgrupos son:

- Grupo 1: Division 01, Requerimientos generales
- Grupo 2: Divisiones 2 a 19, construcción de la obra civil, no incluye sistemas de electricidad o plomería.
- Grupo 3: Divisiones 20 a 29, instalación de servicios a la obra civil, contempla la instalación de plomería, electricidad, aire acondicionado, sistemas contra incendios entre otros.
- Grupo 4: Divisiones 30 a 39, emplazamiento e infraestructura, incluye excavaciones, construcciones de vías de transporte y marinas, trabajos de mejoramiento al terreno, etc.
- Grupo 5: Divisiones 40 a 49, equipamiento, es decir todas aquellas cosas y procesos adicionales que se instalarán que no son necesariamente parte del proceso de construcción.

Para la numeración de los distintos elementos se trabaja con grupos de 2 cifras por cuatro niveles. Un total de 6 cifras que permite realizar las identificaciones necesarias, para casos específicos se recurre a un sistema de 8 cifras.

5.2.1.2. *UniFormat*

A diferencia de MasterFormat que clasifica la información en base al resultado, UniFormat clasifica la información basados en los distintos elementos dentro de un proyecto; elementos como techos, paredes o pisos que pueden estar compuestos por distintos elementos constructivos. Este formato es muchas veces empleado para realizar cálculos métricos por unidad de superficie.

Existen en este formato 8 categorías principales dentro de las cuales existen 5 niveles, dentro de cada subnivel se identifican categorías más específicas. No existe una correlación directa entre MasterFormat y UniFormat, si bien algunos elementos podrían relacionarse adecuadamente, esta relación casi nunca es directa. (Weygant, 2011)

5.2.1.3. *OmniClass*

Está compuesto por una serie de tablas que permite que la información contenida en un modelo sea organizada al nivel más sencillo y referenciada en una variedad de formas. Esto permite que la información sea fácilmente accesible. Son 15 tablas con las cuales se puede trabajar para detallar adecuadamente la información. (Weygant, 2011)

5.2.2. *Nivel de Detalle*

El 2002 el American Institute of Architects (AIA) publicó el documento E-202, en el que se establecen protocolos, expectativas, y el uso no autorizado de los modelos creados para un determinado proyecto. Asigna también responsabilidades para elementos específicos del modelo y en el Artículo 3, asigna niveles de desarrollo del proyecto (Levels of Development o su abreviación: LOD) para cada una de sus fases. Los niveles son LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500. Cada uno de estos niveles hace referencia a contenido específico, autorizaciones para el uso del modelo y propósitos específicos del modelo. (Weygant, 2011)

5.2.2.1. *LOD 100*

Este nivel representa generalmente es útil para un estudio de la masa y tamaño y volumen del proyecto. Tiene información básica sobre la forma general y la cantidad de metros cuadrados del proyecto. Se utiliza para estimaciones básicas de presupuesto y estudios de factibilidad.

5.2.2.2. *LOD 200*

Este nivel de detalle contiene elementos generalizados de sistemas, las paredes ya pueden ser definidas como paredes y tener un determinado espesor. Las aberturas podrán estarán catalogadas como aberturas pero no como ventanas o tragaluces específicamente. El techo podrá estar definido pero no habrán especificaciones de material. Pueden existir elementos como puertas y pasamanos pero estarán a manera más representativa del lugar que de las características que tomará al final.

5.2.2.3. *LOD 300*

Los objetos bajo esta categorías ya son más precisos en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y orientación. Pueden no considerar el material exacto pero presentan propiedades relativas a la funcionalidad como preferencias dimensionales y limitaciones además de información que pueda ser útil en la elaboración de documentación para la construcción. Uno encuentra información específica sobre el componente pero no de la forma de instalación o mantenimiento. Con este nivel de detalle se pueden elaborar presupuestos mucho más específicos.

5.2.2.4. *LOD 400*

En este nivel los objetos deben tener la precisión adecuada para crear documentos de construcción precisos y realizar análisis realistas del funcionamiento del sistema. La principal diferencia con el anterior modelo es la cantidad de información en el objeto y los detalles asociados.

5.2.2.5. *LOD 500*

Puede ser considerada una representación totalmente realista de un determinado producto. Este nivel de detalle es generalmente innecesario a excepción de ser necesario elaborar renders muy elaborados y detallados.

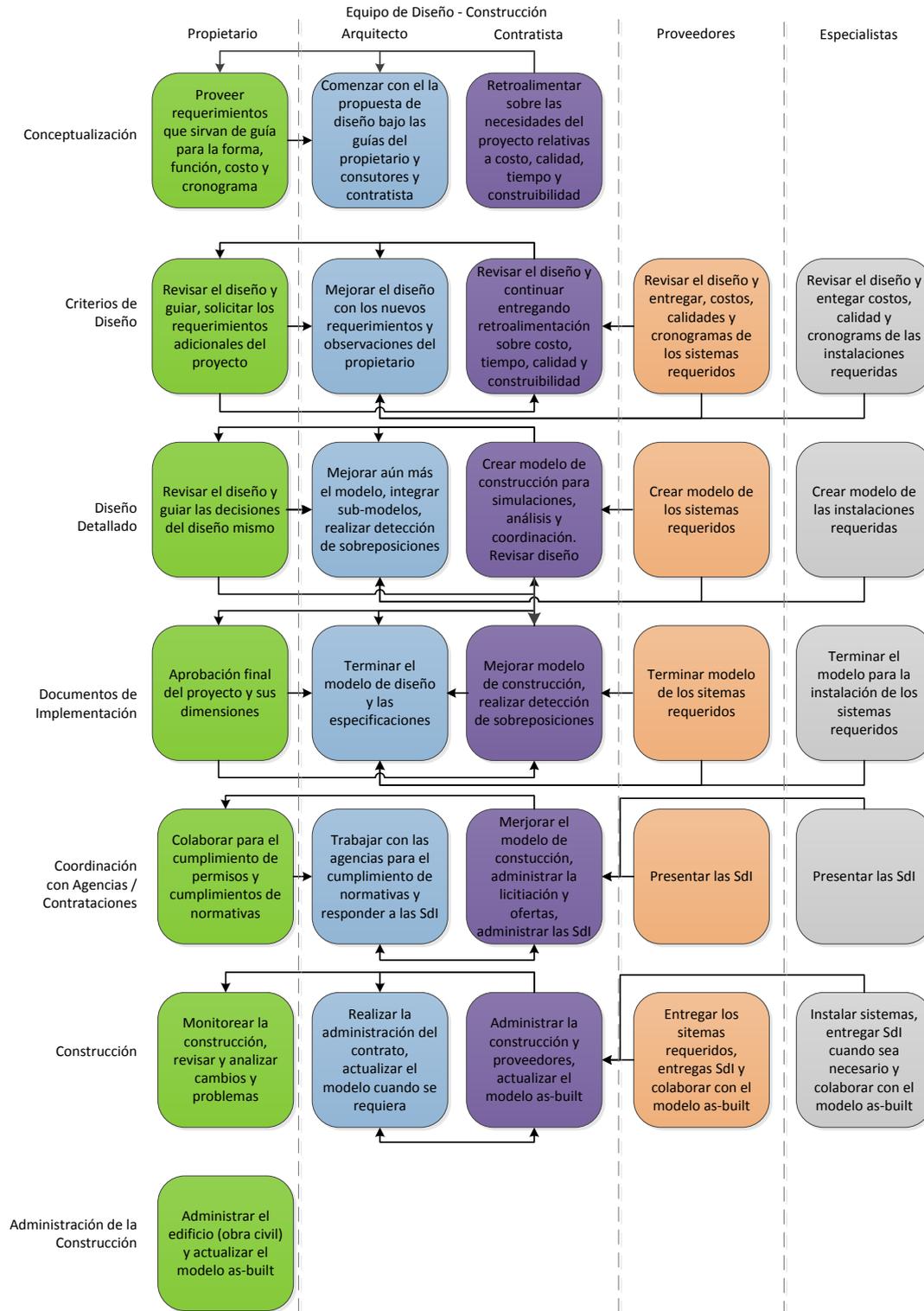
5.3. Coordinación y Colaboración

Los procesos de coordinación acá descritos tienen su fuente en un documento de ayuda lanzado por la Autodesk. Incluyen la participación de todas las partes interesadas y las tareas correspondientes en cada una de las fases del proyecto dependiendo del tipo de entrega que se vaya a utilizar.



Figura 5.2: Flujo de Taras para el procesos de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad diseño de proyecto Integrado. (Autodesk, 2010)

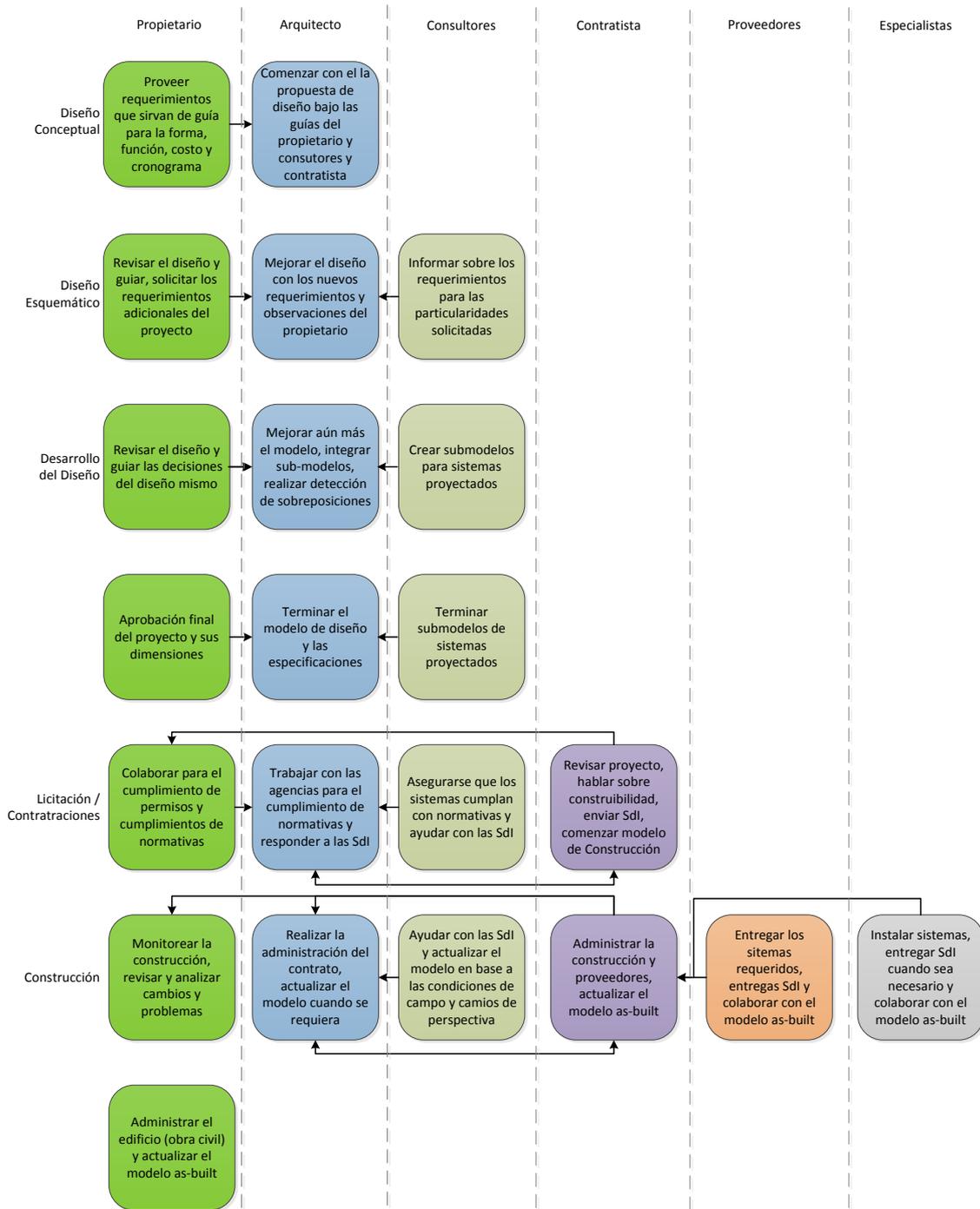
DISEÑO - CONSTRUCCIÓN



Nota: Una Sdl es una solicitud de Información que consiste en solicitar información a un determinado proveedor sobre sus capacidades de atender un determinado pedido.

Figura 5.3: Flujo de Taras para el procesos de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad Diseño – Construcción. (Autodesk, 2010)

DISEÑO - LICITACIÓN - CONSTRUCCION



Nota: Una Sdl es una solicitud de Información que consiste en solicitar información a un determinado proveedor sobre sus capacidades de atender un determinado pedido.

Figura 5.4: Flujo de Taras para el proceso de colaboración en distintas etapas de un proyecto bajo la modalidad Diseño – Licitación – Construcción. (Autodesk, 2010)

5.3.1. Procesos de Actualización del Modelo

Estos procesos son algo complicados, pues involucra actualizaciones al modelo(s) de la empresa y al modelo general. Existen muchos factores a considerar que van desde

factores personales hasta factores técnicos. Dentro de la misma empresa se tiene por ejemplo que el ingeniero a cargo del diseño de vigas y columnas se encuentra trabajando en su modelo y realiza cambios en la altura de algunas columnas, entonces el ingeniero que está a cargo de las losas y viguetas no tendrá en su modelo esta nueva información. La información estará presente en un modelo y no en otro. Esto demuestra la necesidad de que los cambios realizados en los modelos sean conocidos por todas las otras partes interesadas a la brevedad posible. Se debe contar con soluciones que permitan mantener al personal y a los modelos actualizados.

Una de las primeras soluciones es lograr que las partes interesadas hagan el esfuerzo de mantener a la contraparte informada sobre cambios que podrían afectarlo. Una segunda solución es realizar actualizaciones periódicas del “modelo maestro” y así ambas partes tendrán información actualizada todo el tiempo. Finalmente como tercera y mejor solución se sugiere guardar el modelo en un servidor común donde todas las partes compartan el modelo, esta solución no siempre puede ser implementada puesto que existen barreras como: el ancho de banda, la seguridad, la accesibilidad al modelo de varios usuarios simultáneamente y la verdad a medias de que todos debieran usar el mismo software y la misma versión¹². (Hofbauer, 2011)

5.3.2. Procesos de Corrección de Errores y Compatibilización

Un proyecto que será trabajado usando tecnologías BIM es útil siempre y cuando el modelo del proyecto se mantenga actualizado. Es por esta razón que el proyecto debe mantenerse siempre en modelos BIM. Ingenieros y arquitectos pueden verse tentados de exportar el proyecto en una determinada etapa a archivos CAD. Si se realiza esta operación, el modelo pierde toda la inteligencia y ventajas de las tecnologías BIM. En este contexto existen dos escuelas en lo que corresponde al uso de BIM, el empleo de modelos en paralelo y el empleo de un modelo único.

¹² La razón por la que se considera esta aseveración una verdad a medias será explicada en el apartado **Error! Reference source not found.**

5.3.2.1. Modelos en Paralelo

La idea de realizar modelos en paralelo es crear modelos separados para el uso por los diversos contratistas basados en la información provista por los ingenieros y arquitectos. Aunque esto ayuda a que el modelo a usarse sea útil y específico a las necesidades de cada contratista existe la posibilidad de que este modelo no sea el reflejo exacto de los modelos de los ingenieros y arquitectos. Además en este esquema pueden suscitarse conflictos con los ingenieros y arquitectos quienes tratarán de mantener intactas las intenciones de diseño del proyecto. Permitirle al contratista crear su propio modelo aumenta el riesgo de fallos. Además de que al ir actualizando su modelo y modificándolo el contratista puede cambiar sustancialmente el diseño arquitectónico e ingenieril, lo cual puede ocasionar peleas legales. (Hardin, 2009)

5.3.2.2. Modelo Único

Este método implica el mantener un modelo BIM único de todas las áreas interesadas. Aunque este método requiere un entendimiento y uso avanzado de los software BIM, es con esta forma de trabajo donde se pueden observar realmente las ventajas de trabajar con tecnologías BIM. Debe entenderse que trabajar en un modelo único no quiere decir que todo el mundo trabaje en el mismo modelo al mismo tiempo. La idea es dejar que los usuarios creen sus modelos independientes de las partes relevantes y juntar todos en un modelo compuesto. De esta manera ingenieros, arquitectos, contratistas y especialistas en distintos lugares del mundo pueden crear sus modelos que una vez juntados pueden usarse para estimar, programar, identificar choques y otro tipo de análisis. (Hardin, 2009)

5.4. Problemas comunes y sus soluciones típicas

5.4.1. Interoperabilidad

Entre los grandes problemas de la industria está el de unificar los intercambios de información, distintos software trabajan con distintos tipos de archivos lo que hace algunas veces difícil la interacción entre los mismos, sin embargo a medida que va creciendo el mercado y la demanda, los esfuerzos de las compañías de software por mejorar la interoperabilidad van creciendo, esto no quiere decir que todos los

programas puedan hacer lo mismo, si no que trabajan con misma materia prima. Algo así como los archivos de música o de imagen, existen muchos software que pueden hacer muchas cosas distintas con ese tipo de archivos, sin embargo el archivo en sí tiene una sola extensión y es el estándar de comunicación entre distintos software.

Para entender cómo se puede mejorar la interoperabilidad es necesario entender un poco la historia del desarrollo de los estándares actuales más comunes, el IFC y el CIS/2, que no son tan distintos el uno del otro, podría decirse que son primos cercanos. El inicio de estas tecnologías surgió casi al mismo tiempo en Estados Unidos y Europa con la era CAD, donde distintos software debían compartir información como geometría, atributos y relaciones, si se pensaba optar por un tipo de archivo único este tipo de archivo se convertiría en algo demasiado grande e inmanejable, es por esta razón que la International Standards Organization (ISO) creó el Comité Técnico 184 (TC 184) para que inicié un comité que trabaje en estos problemas de interoperabilidad.

El TC 184, comenzó a trabajar en el desarrollo del Standard for the Exchange of Product Model Data, abreviado como STEP, el número correspondiente a este estándar es ISO-10303. Se creó así un nuevo enfoque y set de tecnologías que lidiaba con problemas en el intercambio avanzado de datos. Uno de los principales productos del STEP (ISO-10303) fue el lenguaje EXPRESS, el cual se convirtió en el mecanismo central para el soporte de intercambio de modelos de productos en distintas industrias (mecánica y eléctrica, plantas procesadoras, construcción de barcos, planos de procesos, muebles y modelos de elementos finitos entre otros). Diversas organizaciones relacionadas con la ICIA participaron en la creación de modelos de información para la industria, naturalmente basados en la tecnología del STEP y en el lenguaje EXPRESS, entre los cuales se desarrollaron:

- *AP225*: Empleado generalmente para la representación explícita de formas. Es el único modelo de datos desarrollado y aprobado, se utiliza mayormente en Europa, especialmente Alemania como alternativa al DXF
- *IFC*: Desarrollado por la buildingSmart, tiene un amplio soporte mundialmente sin embargo se ve debilitado por algunas implementaciones inconsistentes.

- *CIS/2*: Cuyas siglas hacen referencia al CimSteel Integration Standard, que es un estándar altamente desarrollado y común para las industrias de diseño de acero, análisis y fabricación. Apoyado y soportado por el instituto americano de la construcción en acero. Muy expandido en Estados Unidos y el Reino Unido.
- *AP241*: es un modelo genérico que está orientado a modelar el ciclo de vida de distintos edificios. Tiene compatibilidad y cruza en funcionalidad con el IFC, fue propuesto en 2006 por el comité Alemán. Está especialmente orientado a modelos de fábricas y es totalmente compatible con STEP.
- *ISO 15926*: es un estándar para la automatización industrial y cuyos objetos, al estar orientados al manejo y administración están, implementados en 4D. Fue inicialmente desarrollado en la comunidad europea y está fuertemente diseminado en Estados Unidos.

La razón por la que los estándares IFC se han difundido tanto y han adquirido popularidad es el impulso que fue dado por la Autodesk¹³ alrededor de 1994. Fue a finales de ese año que la Autodesk promovió la creación de un consorcio de empresas que desarrollaran un grupo de clases en C++ que permitiera la interoperabilidad entre distintos software. Con doce empresas en el consorcio se creó la Industry Alliance for Interoperability que abrió sus puertas a cualquier empresa que quisiera tomar parte en septiembre de 1995. Luego, en 1997, cambió su nombre por el de International Alliance for Interoperability (AIA). Esta alianza se reconstituyó como una organización sin fines de lucro orientada a la responder a las necesidades de la ICIA a través de la publicación y desarrollo del Industry Foundation Class (IFC), el cual estaría basado en las tecnologías STEP. En el 2005 se decidió cambiar el nombre de la IAI por el de buildingSMART, que tiene 13 capítulos en 18 países del mundo y alrededor de 450 miembros corporativos.

En Estados Unidos el capítulo de la buildingSMART es administrado por el National Building Institute for Sciences (NIBS). A esta institución pertenece el Facility Information

¹³ Empresa propietaria del Software de dibujo AutoCad y también de uno de los software BIM más difundidos del mundo: Revit.

Council (FIC) que tiene a su cargo un comité llamado el National BIM Standards Project Committee (NBIMS). La labor de este último comité es, desde 1992, la de procurar el desarrollo de estándares que permitan el flujo de información tanto no gráfica como gráfica en la ICIA.

Teniendo esto en mente, es recomendable que al elaborar los procesos de diseño y colaboración en un proyecto, tomar decisiones para el intercambio de información. Es importante asegurarse que los formatos de archivos sean en su mayor parte compatibles con los estándares IFC. Además no hay que olvidar poner atención al desarrollo y actualización de los estándares ISO 15926 puesto que su soporte, apoyo y desarrollo están siendo tomados muy en serio por la industria a nivel mundial.

5.4.2. Como lidiar cuando las otras empresas no trabajan con Tecnologías BIM

Cuando se hayan agotado las opciones que permitan la colaboración de modelos BIM con otras empresas, siempre se puede recurrir a sub-utilizar las capacidades de la tecnología BIM. Esto quiere decir que sin necesidad de dejar de lado las tecnologías BIM dentro de la empresa se exportará el proyecto en un determinado momento a CAD, sin embargo esto solo deberá realizarse para compartir información con la contraparte. De acuerdo a la magnitud del proyecto la empresa podrá decidir si los costos de introducir la información provista por terceros al modelo BIM pueden ser absorbidos por el acuerdo inicial o es necesario realizar modificaciones al costo de los servicios. A continuación se presenta en la Tabla 5-1 el software más común de análisis y simulación y sus capacidades de intercambio entre distintos formatos

5.4.3. Propiedad Intelectual

Cuando se trabaja con tecnologías BIM la propiedad intelectual sobre el modelo comienza a perder un poco de sentido, pues el resultado final ya no es propiedad de la empresa, si no del equipo de trabajo, formado por varias empresas. En casos específicos se pueden firmarse acuerdos de confidencialidad.

Tabla 5-1: Compatibilidad de distintos programas de análisis (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012)

Tipo de Análisis	Software	Formatos de Importación					Formatos de Exportación					Interoperabilidad Directa
		CIS/2	IFC	DXF	SDNF	SAT	GBXML	CIS/2	IFC	DXF	SDNF	
<i>Análisis Estructural</i>	SAP2000, ETABS	x	x					x	x			Revit Structures
	STAAD-Pro	x						x				Bentley Structures
	RISA			x						x	x	Revit Structures
	GT-STRUDL	x			x			x				
	RAM							x		x	x	Bentley Structures
	Robobat	x	x									
<i>Energía</i>	DOE-2						x					
	EnergyPlus		x				x					Ecotect Analysis
	Apache			x								IES
	ESP-r			x						x		Ecotect
<i>Simulación de maquinaria mecánica</i>	TRNSYS											
	Carrier E20-II											
<i>Simulación de Iluminación</i>	Radiance			x			x					ArchiCAD
<i>Análisis Acústico</i>	Ease			x								
	Odeon			x								
<i>Flujo de Aire / Mecánica de Fluidos</i>	Flovent			x		x						
	Fluent							x	x			
	MicroFlo											IES
<i>Análisis funcional del Edificio</i>	EDM Model Checker		x									
	Solibri		x									

5.4.4. Aspectos Legales

Si bien estas tecnologías son relativamente nuevas existen contratos tipo disponibles que definen las responsabilidades de los distintos interesados en un proyecto. Estos contratos se elaboran sobre la base de que los participantes del proyecto tienen un conocimiento mayor al suficiente y necesario de los procesos de trabajo, distribución de información y privilegios de propiedad sobre el modelo. Distintos grupos y

asociaciones han buscado desarrollar contratos orientados a proyectos integrados y con lenguaje apropiado en la incorporación de las tecnologías BIM en los contratos. En Estados Unidos son el American Institute of Architects (AIA), los Associated General Contractors of America (AGC) y el Design-Build Institute of America (DBIA). (Hardin, 2009)

Si bien estos documentos pueden ser fácilmente accedidos desde la web, ninguno está disponible de forma gratuita. Se explican a continuación los tipos de documentos en base a las descripciones de HARDIN.

5.4.4.1. *Documentos AIA*

La AIA ha elaborado documentos orientados al uso de tecnologías BIM y a proyectos tipo EPI. Estos documentos requieren que el equipo de trabajo esté consciente y conozca los protocolos para compartir, transferir o asignar información durante el proyecto. Los documentos a ser encontrados son los siguientes:

- *AIA A295-2008*: Condiciones generales de acuerdos para trabajos bajo la modalidad EPI.
- *B195-2008*: Formulario estándar de acuerdo en Propietario y Arquitecto para proyectos tipo EPI.
- *A195-2008*: Formulario estándar de acuerdo en Propietario y Contratista para proyectos tipo EPI.
- *GMP Amendment to A195-2008*: Enmienda al A195, define el precio máximo garantizado y toma en cuenta la distribución.

Existe otra forma legal de entregar el proyecto que consiste básicamente en definir al proyecto como un producto que deberá cumplir ciertas condiciones. Los contratistas, ingenieros, arquitectos y especialistas se convierten en fabricantes de dicho producto. Puesto que el contrato los define a todos ellos como el fabricante, se evitan las posibles litigaciones entre ellos y se los obliga a cooperar. El documento con este enfoque es:

- *C195-2008*: Formulario estándar para el acuerdo de responsabilidad limitada en proyectos EPI.

Existen además contratos base que pueden ser usados de manera general para proyectos Diseño-Construcción. Como ser:

- *A141*: Formulario estándar de acuerdo entre propietario y Diseñador-Constructor (el diseñador lidera).
- *A142*: Formulario estándar de acuerdo entre Diseñador-Constructor y contratista (el diseñador-constructor lidera)
- *A143*: Formulario estándar de acuerdo entre propietario y Diseñador-Constructor y Arquitecto (el contratista lidera)

5.4.4.2. *Documentos AGC*

La AGC fue la primera organización en comercializar documentos contractuales enfocados en el uso de las tecnologías BIM. Estos contratos hacen referencia a distintos tipos de entrega de proyectos. Los documentos son:

- *ConsensusDOCS 300*: Para metodologías de entrega.
- *ConsensusDOCS 301*: Para la comunicación electrónica y BIM.

En adición a estos documentos existen una variedad de muchos otros documentos que pueden ser consultados y leídos para identificar quienes serán los participantes, cuales son las responsabilidades y los distintos marcos legales para distintos tipos de entrega de proyectos, haciendo énfasis en proyectos diseño-construcción. Los contratos típicos de la AGC son:

- *AGC 400*: Acuerdo preliminar para proyectos diseño-construcción entre propietario y diseñador-constructor.
- *AGC 410*: Acuerdo general de condiciones entre propietario y diseñador-constructor. Incluye costos y el precio máximo garantizado)

- *AGC 415*: Acuerdo para proyectos diseño-construcción y condiciones generales entre propietario y diseñador-constructor (costo base basado en el programa y esquemas del propietario)

5.4.4.3. *Documentos DBIA*

Esta organización ofrece distintos contratos relacionados con la metodología diseño-construcción. Sin embargo hasta el 2008 no había incluido ningún tipo de lenguaje que hiciera referencia a las tecnologías BIM. Los documentos son:

- *DBIA 520*: Acuerdo preliminar entre propietario y diseñador-constructor (revisión y evaluación del programa del propietario para estimar un precio y tiempo de ejecución de un proyecto)
- *DBIA 525*: Formulario estándar entre propietario y diseñador-constructor (costo estimado)
- *DBIA 530*: Formulario estándar entre propietario y diseñador-constructor (costo base más la opción de incluir el precio máximo garantizado)

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Sobre las Tecnologías BIM

Dadas las características de la ICIA, su ritmo de crecimiento y las solicitudes a las que está expuesta: menores costos, menor tiempo, mayor calidad, mayor seguridad. Es innegable la necesidad de implementar otro sistema de trabajo distinto al tradicional. Las tecnologías BIM son la respuesta a esta necesidad sin embargo no pueden ser vistas como una máquina que simplemente se enciende y resuelve el problema. Estas tecnologías han puesto en evidencia las graves falencias a nivel general de la industria de la construcción.

En las condiciones actuales la ICIA es una industria muy poco productiva y con una gran cantidad de desperdicio que no aprovecha bien las herramientas que tiene a su disposición, esto en gran parte debido a la poca colaboración entre las distintas partes involucradas y a un modelo de negocio obsoleto. Aunque su sistema de generación de ganancias todavía es eficiente este puede mejorar y traer una gran cantidad de beneficios a los empresarios.

Estas tecnologías tienen su fundamento en un concepto muy sencillo, anticiparse a la construcción. Las tecnologías BIM son para los propietarios e ingenieros algo así como los simuladores de vuelo para pilotos y compañías aéreas. Permiten medir el desempeño en condiciones controladas y plantear escenarios problemáticos para ser resueltos y evitados.

Lamentablemente, si nos mantenemos con el ejemplo anterior, en este “simulador de vuelo” no existen un piloto y un copiloto, existen muchos pilotos y todos quieren hacer las cosas como mejor les parece. Si estos pilotos no aprenden a comunicarse entre sí y a trabajar como equipo, lo más probable es que el “avión” (proyecto de construcción) se estrelle de manera irremediable y con la pérdida de todos los tripulantes y la aeronave.

6.2. Sobre los Procesos de Implementación

La exitosa implementación de las tecnologías BIM depende mucho del trabajo realizado por los recursos humanos dentro de la organización, los primeros pasos, que deben ser dados por los directivos y gerencia, son extremadamente importantes pues determinan la meta y los objetivos a lograr con estas tecnologías. Podemos decir que después de la voluntad de implementar las tecnologías BIM los tres puntos principales son: re-diseño de los procesos de diseño, capacitación del personal e implementación del software y hardware.

La influencia de los procesos es clara, influirá directamente en cómo las personas hacen su trabajo y cuál es el trabajo que realizan. Ya no existirán solamente dibujantes. Los arquitectos e ingenieros que antes solo analizaban ahora también deberán participar activamente en la creación de documentación (modelo BIM). Las relaciones entre las personas también cambiarán puesto que la organización institucional se aplanará.

La capacitación del personal es un aspecto muy importante puesto que a pesar de que exista un muy buen ambiente laboral para el trabajo colaborativo el trabajo no será efectivo si todos tienen que aprender autodidactamente el software. La mejor forma de ganar productividad es invirtiendo en capacitación que permita eliminar el lento proceso de auto-aprendizaje.

El software y el hardware juegan un rol fundamental en la implementación, sin computadoras donde trabajar y almacenar el trabajo, este carece de sentido. Esto no quiere decir que se debe contar con las estaciones de trabajo más potentes del mercado, esto simplemente quiere decir que debe ponerse especial atención al rendimiento de las estaciones. El software BIM además debe estar acompañado de otras soluciones de manejo de archivos que permitan llevar un registro adecuado del progreso del trabajo y que permita a los responsables acceder y trabajar rápidamente en un proyecto y evitar cambios y modificaciones no deseadas.

6.3. Sobre los Procesos de Diseño

Los procesos de diseño pueden categorizarse en tres partes: modelado y análisis, coordinación y revisión y colaboración. Sin embargo es muy difícil distinguir entre ellas y existen tareas que pueden pertenecer a más de una.

El modelado y análisis corresponde a la elaboración no solamente de modelos BIM, sino también de modelos analíticos, que se sirven de diversas técnicas físicas, químicas, matemáticas y computacionales, para determinar y mejorar las solicitaciones de un sistema propuesto y/o requerido. Tiene como principales datos las solicitudes que hace el dueño o el planteamiento del sistema macro al que pertenece con lo cual busca solucionar óptimamente un problema y crear documentación clara que permita construir la solución encontrada.

La coordinación apuesta por juntar los distintos esfuerzos y asegurarse que ningún sub-sistema dañe o perjudique el funcionamiento de otros subsistemas. Vela por el ordenamiento y funcionamiento en conjunto del sistema general. Los objetivos y lineamientos deben estar bien definidos para que la coordinación sea efectiva.

La revisión y colaboración hace referencia al control de calidad de los procesos de diseño y coordinación; busca que el funcionamiento de un subsistema en función de otros no perjudique el funcionamiento de otro, sino lo potencie. Busca que las soluciones sean más integrales y que en lugar de realizar reparaciones al sistema se tomen medidas que minimicen la cantidad de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

Autodesk. (2007). *Introducing BIM into a Small-Firm Work Environment*. Retrieved 11 14, 2012, from

<http://static.ziftsolutions.com/files/8a7c9fef2693aa1e0126d28faf3206fd>

Autodesk. (2010). *Autodesk BIM deployment Plan: A practical Framework for Implementing BIM*. Retrieved 11 14, 2012, from

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?id=14652957&siteID=123112>

Construcción PanAmericana. (2011, 11 1). *Construction in Latin America on the Up and Up*. Retrieved 4 5, 2013, from Construcción PanAmericana - Noticias:

<http://www.cpampa.com/web/cpa/2011/11/construction-in-latin-america-on-the-up-and-up/>

Construction Business Owner. (2012, 2 1). *Global Construction Spending to Reach \$4.6 Trillion by 2015*. Retrieved from Construction Business Owner:

<http://www.constructionbusinessowner.com/topics/global-construction-spending-reach-46-trillion-2015>

Deutsch, R. (2011). *BIM and Integrated Design Strategies for Architectural Practice*.

New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2012). *BIM Handbook a guide to building information modelling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd ed.). New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.

Everhart, J. (2013, 1 16). *B2B Insights Blog*. Retrieved from Godfrey.com:

<http://www.godfrey.com/How-We-Think/B2B-Insights-Blog/Research/Global-Construction-Industry-Trends-and-Landscape.aspx>

- Gudnason, G., & Raimar, S. (2012). In *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*. CRC Press / Balkema.
- Hardin, B. (2009). *BIM and Construction Management Proven Tools, Methods and Workflows*. USA: John Wiley & Sons Inc.
- Hofbauer, R. (2011, 4 4). *Crossing platforms: Experts Discuss the goals -and pitfalls- of BIM and interoperability*. Retrieved 12 13, 2012, from Structural Engineering & Design: <http://www.newmill.com/pdfs/BIM-crossing-platforms.pdf>
- Kirby, L. (2006, 12 8). *Cadalyst*. Retrieved 11 14, 2012, from 1-2-3 Revit: Small Firms Take on BIM: <http://www.cadalyst.com/cad/building-design/1-2-3-revit-small-firms-take-on-bim-3453>
- Lévy, F. (2012). *BIM in small-scale sustainable design*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.
- Saavedra, M. L., & Hernández, Y. (2008, 07). *Caracterización e importancia de las PYMES en América Latina: Un estudio comparativo*. Mérida, Venezuela.
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors and real estate asset managers*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.
- The National 3D - 4D - BIM Program. (2007). *GSA BIM Guide Series 01*. Washington D.C, U.S.A.: U.S. General Services Administration.
- Weygant, S. R. (2011). *BIM Content Development - Standards, Strategies and Best Practices*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.

ANEXOS

Anexo 1 - Organizational BIM Deployment Plan

1.1.1.0 Alignment with Organizational Vision

In the space provided below, list your organization's vision statement and specify how the implementation of BIM technologies enhances and or alters that vision. The first lines show examples.

Organization Vision Statement
<i>To be the premier general contractor for complex construction projects, in which meeting challenges through technology sets us apart from our competition.</i>
BIM Enhances Vision
<i>BIM tools enhance our company's technology offering and help us provide superior service to our clients.</i>
BIM Alters Vision
<i>BIM technologies will allow us to compete in the IPD market.</i>

1.1.2.0 Goals for BIM

List your goals and objectives for using BIM and collaborative project management technologies and processes below. Also note how you will measure the achievement of these objectives and their targeted timeframes. The first row shows an example.

BIM Goal	Measureable Objective	Achieved If	Projected Timeframe
<i>Improve operations management on all new facilities</i>	<i>Obtain an as-built model on all new construction showing mechanical systems information</i>	<i>A model is collected or updated by the project team after each project or WO</i>	<i>April 2010</i>

1.2.1.0 Planned Models

In the table below, outline the models that your organization may create in a typical project. List model name, model content, the project phase when the model will be delivered, and the model authoring tool to be used. For models that will not be created by your organization, leave the row blank; add rows for model types that you anticipate needing that are not already listed. The first row offers an example.

Model Name	Model Content	Project Phase	Authoring Tool
<i>Coordination Model</i>	<i>Architectural, structural, and MEP components of main building and parking garage structure</i>	<i>Design development and construction documents</i>	<i>Autodesk® Revit® Architecture software</i>
Civil Model			
Architectural Model			
Structural Model			
MEP Model			
Construction Model			
Coordination Model			
As-Built Model			

1.2.4.0 Planned Analysis Tools

List the types of analysis tools that your organization plans on implementing. Select the checkbox and list the name of the tool if known.

Analysis	Checkbox	Analysis Tool
Visualization	<input type="checkbox"/>	
Structural	<input type="checkbox"/>	
Clash Detection	<input type="checkbox"/>	
Quantity Takeoff	<input type="checkbox"/>	
Scheduling/4D	<input type="checkbox"/>	
Cost Analysis/5D	<input type="checkbox"/>	
Energy/LEED	<input type="checkbox"/>	
Daylight/Lighting	<input type="checkbox"/>	

1.3.2.1 Current Skills

In the space below, fill in your organization's current skills by listing personnel type, number of employees of each type, and average skill level. The first row shows an example.

Skill	Personnel Type	No.	Average Skill Level
<i>2D CAD Design</i>	<i>Administrative assistant</i> <i>Associate architect</i> <i>Project manager</i> <i>Executive</i>	<i>5</i> <i>37</i> <i>8</i> <i>3</i>	<i>None</i> <i>Expert</i> <i>Novice</i> <i>None</i>

1.3.2.2 Required Skills

In the space below, fill in desired skills by listing personnel type, number of total employees, the desired average skill level, and the number of employees with the desired skill level. The first row shows an example.

Skill	Personnel Type	Total No.	Desired Skill Level	Desired No. w/Skill Level
<i>3D BIM Design</i>	<i>Administrative assistant</i>	<i>5</i>	<i>None</i>	<i>0</i>
	<i>Associate architect</i>	<i>37</i>	<i>Expert</i>	<i>10</i>
	<i>Project manager</i>	<i>8</i>	<i>Intermediate</i>	<i>2</i>
	<i>Executive</i>	<i>3</i>	<i>None</i>	<i>0</i>

1.3.3.0 Staff Acquisition

In the space below, list staffing requirements including type, number of current type, number of new staff needed, location or region, and hiring timeframe. The first row shows an example.

Staff Type	Current No.	Needed No.	Location/Region	Timeframe
<i>Project BIM Coordinator</i>	<i>0</i>	<i>3</i>	<i>Atlanta office</i>	<i>February 2010</i>
	<i>1</i>	<i>5</i>	<i>Tampa office</i>	<i>December 2009</i>

1.3.4.0 Training Requirements

In the space below, list training requirements including skill, personnel type, number of personnel to be trained, and number of training hours required per individual. The first row shows an example.

Skill	Personnel Type	No. of Staff	Training Hours
<i>Autodesk Revit Structure</i>	<i>Associate architect Project manager</i>	<i>10 2</i>	<i>40 8</i>

1.4.2.0 Training Plan

In the space below, list the training courses to be provided to staff and organizational partners. Include the systems they will be trained on, intended audience, class length in hours, number of people to be trained, and timeframe. The first row shows an example.

System	Audience	Class Length	No. to be Trained	Timeframe
<i>Autodesk® Quantity Takeoff</i>	<i>Project engineer Estimating manager Project manager</i>	<i>16 16 4</i>	<i>10 2 15</i>	<i>February 2010 February 2010 February 2010</i>

1.4.3.0 Support Plan

In the space below, list your support options including system, support type, contact information, and hours of support. The first row shows an example.

System	Support Type	Contact Information	Support Hours
<i>Autodesk® Revit® Architecture</i>	<i>Autodesk Premium Support</i>	<i>1-800-555-5555</i>	<i>8 AM–6 PM EST</i>

1.6.1.7 Collaborative Project Management

Select the components and specific software you will use and list them below for easy reference.

	Software Component	Model	Software System	Version
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Architectural Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Civil Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Structural Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	MEP Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Coordination		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Construction		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	As-Built		
<input type="checkbox"/>	Model Integration			
<input type="checkbox"/>	Model Mediation			

<input type="checkbox"/>	Model Visualization			
<input type="checkbox"/>	Model Sequencing			
<input type="checkbox"/>	Model Quantity Takeoff			
<input type="checkbox"/>	Collaborative Messaging and Communication			
<input type="checkbox"/>	Document Management			
<input type="checkbox"/>	Design Management			
<input type="checkbox"/>	Bid Management			
<input type="checkbox"/>	Construction Management			
<input type="checkbox"/>	Cost Management			
<input type="checkbox"/>	Facility/Operations Management	As-Built		

Anexo 2 - Project BIM Deployment Plan

2.1.1.0 Project Description

Enter key information about the project below. Include the project name, owner's project number, address, project description, and areas of the project that will and will not be modeled.

Project Name	
Owner's Project Number	
Project Address	
Project Description	
Areas Modeled	

2.1.2.0 Core Collaboration Team

List the Core Collaboration Team members for your project below.

Contact Name	Role/Title	Company	Email	Phone

2.1.3.0 Project Goals and Objectives

Below, list your objectives for using BIM and collaborative project management technology and processes on this project. Also note how you will measure the achievement of each objective, and its target time frame. The first row shows an example.

Project Goal	Objective	Achieved If	Projected Timeframe
<i>Streamline structural steel procurement</i>	<i>Include the steel supplier in the modeling process in order to start fabrication earlier</i>	<i>Steel is ready and delivered to site when needed</i>	<i>April 2010</i>

2.1.5.0 Project Phases/Milestones

In the table below, outline the phases of your project, their estimated start dates, and the stakeholders involved. The first row shows an example.

Project Phase/Milestone	Estimated Start Date	Estimated Completion Date	Project Stakeholders Involved
<i>Conceptualization</i>	<i>2/1/2008</i>	<i>4/1/2008</i>	<i>Owner, A/E, subconsultants, CM</i>

2.2.1.0. Model Managers

List the model managers for the project in the table below.

Stakeholder Company Name	Model Manager Name	Email	Phone

--	--	--	--

2.2.2.0 Planned Models

In the table below, outline the models that will be created for the project. List the model name, model content, project phase at which the model will be delivered, the model's authoring company, and the model authoring tool to be used. For models that will not be used or created in your project, just leave the row blank; add rows for any model types you anticipate a need for that are not already listed. The first row offers an example.

Model Name	Model Content	Project Phase	Authoring Company	Authoring Tool
<i>Coordination Model</i>	<i>Architectural, structural, and MEP components of main building and parking garage structure</i>	<i>Design development and construction documents</i>	<i>ABC Designers</i>	<i>Autodesk® Revit® Architecture software</i>
Civil Model				
Architectural Model				
Structural Model				
MEP Model				
Construction Model				
Coordination Model				
As-Built Model				

2.2.3.0a File Naming Structure

Determine and list the structure for model file names. The first line offers an example.

Formatting for Model File Names
<i>model type, hyphen, date—e.g., DESIGN-011208</i>

2.2.3.0b Precision and Dimensioning

In the table below, enter which items' placement will not be considered entirely accurate and should not be relied on for placement or assembly.

Items Not to be Considered Accurate for Dimensioning or Placement

2.2.3.2a Exclusions

List the objects to be excluded from the model in the table below. The first row offers an example.

Items to be Excluded from the Model
<i>Door hardware</i>

2.2.3.3 Model Reference Coordination

Fill in the (0,0,0) reference point for this project in the table below.

Project (0,0,0) Reference Point	
--	--

2.2.4.0 Contract Documents

List the models that will be considered part of the contract documents in the table below.

Models to be Considered Part of Project Contract Documents

2.3.2.0 Detailed Analysis Plan

For each type of analysis that may be performed for your project, list the models used for the analysis, which company will perform the analysis, the file format required, the estimated project phase, and the tool to be used for analysis. If there are other instructions associated with the analysis, mark the Special Instructions column and list the details in the Special Instructions table in the next section.

Analysis	Analysis Tool	Model	Analyzing Company	Project Phase(s)	File Format Required	Special Instructions
Visualization						
Structural						
Clash Detection						
Quantity Takeoff						

Scheduling/4D						
Cost Analysis/ 5D						
Energy/LEED						
Daylight/Lighting						

2.3.2.1 Special Instructions

List specific requirements in the table below.

Analysis Requiring Special Instructions	Detailed Special Instructions

2.4.1.2 Meeting Minutes

In the space below, list the types of meetings necessary for the project, meeting host(s), required attendees, and required technology. The first row shows an example.

Meeting Type	Host	Required Attendees	Required Technology
<i>BIM Design Coordination</i>	<i>Architect</i>	<i>Owner, Architect, GC, Subconsultants, Suppliers</i>	<i>Internet, Autodesk[®] Navisworks[®] software, Projection, Whiteboard, NetMeeting</i>

2.4.2.1a Permissions and Access

In the table below, list the folder or subfolder, intended file content, and permission levels. Examples are shown below.

Folder	Content	Permissions
 <i>Drawings</i>	<i>All project drawings in subfolders</i>	<i>Upload: A/E View: Contractor, Owner None: Sub</i>
 <i>Schematic Design</i>	<i>Schematic drawings</i>	<i>Upload: A/E View: Contractor, Owner None: Sub</i>

2.4.2.1c Folder Notifications

List the people and groups to be notified for different activities in various folders in the table below. The first row shows an example.

Folder	Activity	Group to Notify
<i>Drawings</i>	<i>Upload and revise</i>	<i>Entire project team</i>

2.4.2.1d File Naming Convention

If there are files with special naming requirements, list them in the table below. The first row shows an example.

File Type	Naming Convention
<i>Progress Photos</i>	<i>Location, hyphen, Authoring Company Initials, hyphen, Description (e.g., Parking Deck-ABC-Cracking)</i>

2.4.2.1e Design Review

In the table below, list the model(s) being reviewed, the reviewers, estimated design review start and completion dates, and how many days the authoring company has to respond to the design review comments. An example has been provided.

Model	Reviewing Companies	Estimated Review Start Date	Estimated Review Completion Date	Days to Respond by Authoring Company
<i>Schematic Design Model</i>	<i>ABC Owners Acme Contractors</i>	<i>1/21/2008</i>	<i>2/11/2008</i>	<i>14 days</i>

2.4.2.3d Other Construction Management Business Processes

List the modules the project team plans to use, including any special instructions and processes, in the table below.

Additional Business Process Modules to be Used	Special Instructions or Processes

2.4.2.5a As-Built Model

List any inclusions or exclusions from the As-Built model content in the table below.

As-Built Model Inclusions	As-Built Model Exclusions
<i>[List special items that will be included in the model above and beyond the Level of Detail specified in section 1.2.3.2.]</i>	<i>[List items that will be excluded from the model above and beyond the Level of Detail specified in section 1.2.3.2.]</i>

2.5.1.7 Collaborative Project Management

Select the components and specific software you will use and list them below for easy reference.

	Software Component	Model	Software System	Version
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Architectural Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Civil Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Structural Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	MEP Design		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Coordination		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	Construction		
<input type="checkbox"/>	Model Creation	As-Built		
<input type="checkbox"/>	Model Integration			
<input type="checkbox"/>	Model Mediation			
<input type="checkbox"/>	Model Visualization			
<input type="checkbox"/>	Model Sequencing			
<input type="checkbox"/>	Model Quantity Takeoff			
<input type="checkbox"/>	Collaborative Messaging and Communication			
<input type="checkbox"/>	Document Management			
<input type="checkbox"/>	Design Management			
<input type="checkbox"/>	Bid Management			
<input type="checkbox"/>	Construction Management			
<input type="checkbox"/>	Cost Management			
<input type="checkbox"/>	Facility/Operations Management	As-Built		