**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**Repositorio Digital USM** **https://repositorio.usm.cl**

Tesis USM TESIS de Pregrado de acceso ABIERTO

2019

# “EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL SOFTWARE REVIT LT PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA CONSTRUCTIVA EN LA REGIÓN DEL BIO BIO Y SU RELACIÓN CON EL PROGRAMA CONSTRUYE 2025.”

GUZMAN SALAS, HAMIL ABRAHAM

https://hdl.handle.net/11673/46847

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

SEDE CONCEPCIÓN REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCIÒN

# EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL SOFTWARE REVIT LT PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA CONSTRUCTIVA EN LA REGIÓN DEL BIO BIO Y SU RELACIÓN CON EL PROGRAMA CONSTRUYE 2025.

**HAMIL GUZMAN SALAS**

**2018**

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**

**SEDE CONCEPCIÓN**

**“REY BALDUINO DE BELGICA”**

# “EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DEL SOFTWARE REVIT LT PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA CONSTRUCTIVA EN LA REGIÓN DEL BIO BIO Y SU RELACIÓN CON EL PROGRAMA CONSTRUYE 2025.”

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CONSTRUCTOR

**Alumno : Hamil Guzmán Salas.**

**Profesor Guía: Sr. Miriam cabezas Rodríguez.**

**2018**

# RESUMEN

En la presente investigación se busca llevar la metodología BIM a la pequeña y mediana empresa a través de una evaluación técnica y económica donde para poder llegar a este nivel primero es necesario analizar y conocer cuál es problema que presenta esta metodología versus la forma tradicional de construir así como también los niveles de adopción que se tienen de esta nueva manera de construir, también es necesario ver el impacto que trae esta nueva metodología a la pequeña y mediana empresa tanto del punto de vista de los beneficios como de las desventajas que puede traer consigo la implementación de este sistema.

Para llevar a cabo un análisis profundo de esta metodología se evaluará BIM desde la perspectiva de la pequeña y mediana empresa por lo tanto será de suma importancia analizar la estructura organizacional más adecuada de acuerdo con las necesidades de las pymes de construcción, así como también ver la escalabilidad de esta metodología para entender en qué punto se encuentra nuestro caso a estudiar y que impacto genera está en el flujo de información.

Como toda nueva tecnología es necesario entender en que consiste sus etapas y funciones para poder entender el trasfondo de la forma de trabajar y poder proponer una implementación para el caso seleccionado de esta investigación orientada a las pymes de construcción de la región del bio bio, donde se debe considerar varios factores antes de implementar esta metodología como la estructura de esta misma donde se incluye la tecnología, los procesos y la organización, una vez analizado estos puntos se puede proceder a proponer una implementación para la pequeña y mediana empresa de la región del bio bio y una planificación que va desde tomar la decisión de implementar BIM hasta la creación de un mapa de procesos de trabajo acompañado por un análisis FODA de la decisión tomada, se concluirá con un análisis de costos para cada uno de los casos propuestos y un análisis sobre el retorno de la inversión (ROI).

**INDICE**

INTRODUCCIÓN ..... 1

MARCO TEORICO ..... 3

METODOLOGIA DE TRABAJO ..... 6

OBJETIVOS ..... 7

OBJETIVO GENERAL ..... 7

OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 7

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ..... 8

**CAPÍTULO I: DETECCIÒN DEL PROBLEMA** ..... 9

1.1 DETECCION DEL PROBLEMA. ..... 10

1.2 INCERTIDUMBRE ACTUAL EN LA IDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION EN CHILE DEBIDO AL PLAN BIM 2020. ..... 13

1.3 COORDINACION EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y RELACION CON LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS. ..... 18

1.4 PROBLEMAS DETECTADOS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y SU RELACION CON EL PLAN BIM 2020 Y LAS PYMES. ..... 20

1.5 PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCION EN CHILE Y SU RELACION CON LAS PYMES. ..... 25

1.6 ESTADÍSTICAS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN CHILE. ..... 29

1.7 PARADIGMAS EN EL CAMBIO DE METODOLOGIA TRADICIONAL A PLAN BIM 2020. ..... 35

1.8 CAUSALES QUE INTERVENGAN EN LA IMPLENATACION BIM PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA MEPRESA. ..... 37

**CAPÍTULO II** ..... 42

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE BIM PARA LA PEQUÑA Y MEDIANA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN.** ..... 42

2.1 BIM COMO UNA OPORTUNIDAD PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. ..... 43

2.3 RIESGOS EN LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. ..... 57

2.4 ANALISIS FODA SOBRE LA IMPLEMENTACION BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. ..... 60

**CAPÍTULO III** ..... 63

**PROPUSESTA DE IMPLEMENTACION BIM .** ..... 63

3.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES MÁS USADAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN. ..... 64

3.2 ESCALABILIDAD DE BIM COMO METODOLOGIA ..... 73

3.3 PLAN DE IMPLEMENTACION BIM PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMRPESA DE CONSTRUCCIÓN EN EL BIO BIO. ..... 82

3.4 ESTRUCTURA Y REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA. ..... 91

3.4.1 TECNOLOGÍA ..... 93

3.4.2 PROCESOS ..... 94

3.4.3 POLÍTICA U ORGANIZACIÓN ..... 95

3.5 IMPLEMENTACIÓN PARA LA PEQUEÑA Y MEDIA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN. ..... 97

3.5.1 DEFINIR RESPONSABLIDADES DE LA PYME. ..... 100

3.5.2NUEVOS MIEMBROS DEL EQUIPO DE TRABAJO PARA PYME. ..... 100

3.5.3 DESDE PUNTO DE VISTA DE LA TECNOLOGÍA ..... 102

3.5.5 DESDE EL PUNTO DE VISTA POLITICO O DE ORGANIZACIÓN ..... 109

3.5.6 IMPLEMENTACIÓN B DE LA METODLOGIA BIM A TARVES DE ASESORIAS. 110

3.5.7 ANALISIS ROI ..... 112

3.5.8 PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN METODOLOGÍA BIM PARA LA PYMES DE CONSTRUCCIÓN. ..... 114

3.5.9 Elección Del Método A Implementar ..... 116

**CAPÍTULO IV** ..... 119

**COSTOS SOBRE LA IMPLEMENTACION** ..... 119

4.1 COSTOS DE TECNOLOGÍA ..... 120

4.2 Costos De Capacitación ..... 122

4.3 COSTOS DE EQUIPO DE TRABAJO ..... 123

4.4 RESUMEN DE IMPLEMENTACION A1 PARA UN AÑO. .....123
4.5 RESUMEN DE IMPLEMENTACION A2 PARA UN AÑO. .....125
4.6 Costos implementación B.....127
4.7 Análisis de retorno de inversión ROI .....129
**CONCLUSIONES**.....132

# INDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción.....65
Figura 3-2 etapas método tradicional elaboración propia.....66
Figura 3-3: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción.....68
Figura 3-4: Estructura suma alzada.....70
Figura 3-5: Estructura administración delegada.....71
Figura 3-6 etapas método diseño construcción.....72
Figura 3-7 elementos de un modelo de informacion.....74
Figura 3-8 flujo de información de BIM.....75
Figura 3-9 adaptación flujo de modelado BIM elaboración propia.....77
Figura 3-10 flujo de información.....84
Figura 3-11 estructura de metodología BIM.....91
Figura 3-12 organigrama estructura tradicional Succar 2009.....94
Figura 3-13 etapas modelo iBIM.....98
Figura 3-14 requisitos hardware.....103
Figura 3-15 organigrama estructura implementación A1.....104
Figura 3-16 organigrama estructura implementación A1.....105
Figura 3-17 organigrama estructura implementación A2.....107
Figura 3-18 organigrama estructura implementación A2.....108
Figura 3-19 organigrama estructura implementación asesorías.....111
Figura 3-20 organigrama pasos implementación.....116
Figura 4-1 usos Revit.....120
Figura 4-2 usos productividad.....131

# ÍNDICE DE GRÀFICOS

Gràfico1-1 imacon ..... 15
Gráfico 1-2 cesantía ..... 16
Gráfico 1-3 problema detectados ..... 20
Gráfico 1-4 problemas en obra ..... 21
Gráfico 1-5 %RDI ..... 22
Gráfico 1-6 niveles actividad elaboración propia ..... 26
Gráfico 1-7 productividad según tipo proyecto ..... 27
Gráfico 1-8 principales causas perdida tiempo general ..... 28
Gráfico 1-9 niveles de adopción ..... 30
Gráfico 1-9* niveles de adopción ..... 31
Gráfico 1-10 uso entre disciplinas ..... 32
Gráfico 1-11 uso de herramienta bim ..... 33
Gráfico 2-1 beneficios económicos ..... 46
Grafico2-2 beneficios proyecto ..... 47
Grafico2-3 nivel de satisfacción usuario ..... 48
Grafico2-4 beneficios según disciplina ..... 49
Grafico2-5 beneficios según usuarios regular ..... 50
Grafico2-6 Uso de CAD ..... 53
Gráfico 2-7 uso de CAD en la región del bio bio ..... 54
Grafico2-8 razón de no uso ..... 55
Grafico2-8* razón de no uso ..... 56
Grafico2-9 proyección de crecimiento. ..... 58
Gráfico 3-1 cambio gradual ..... 90

# INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 imacon .....15
Tabla 1-2 inversión sector construcción .....16
Tabla 1-3 usuarios ocupados .....17
Tabla 1-4 % calificación .....22
Tabla 1-5 escala de responsabilidad .....23
Tabla 1-6 Calificaciones asignada a cada actividad .....24
Tabla 1-7 Niveles de Actividad del Sector Construcción .....25
Tabla 1-8 tabla según tipo de proyecto elaboración propia .....26
Tabla 1-9 principales causas de tiempo generales .....27
Tabla 3-1 Clasificación pymes .....83
Tabla 4-1 costos Revit lt. .....121
Tabla 4-2 costos Revit. .....121
Tabla 4-3 costos hardware. .....121
Tabla 4-4 costos redes. .....122
Tabla 4-5 costos capacitación. .....122
Tabla 4-6 costos equipo de trabajo .....123
Tabla 4-7 costos total 1. .....124
Tabla 4-8 costos total 1* .....124
Tabla 4-9 costos total 2 .....125
Tabla 4-10 costos total 2*. .....126
Tabla 4-11 costos totales .....126
Tabla 4-12 antecedentes proyecto. .....127
Tabla 4-13 costos asesoría. .....128
Tabla 4-14 factores ROI. .....129
Tabla 4-15 ROI A1 -1 .....130
Tabla 4-16 ROI A1 -2 .....130

## INTRODUCCIÓN

La globalización ha tenido una fuerte influencia en el desarrollo tecnológico y ha obligado a que los diversos rubros productivos modernicen sus procesos de manera que las inversiones de extranjeros en chile no generen desventajas competitivas para el mercado interno. Según cifras del banco central el flujo de inversión extranjera[1] directa (IED) en el primer cuatrimestre del 2018 es de 8475 millones de dólares, Por lo tanto, chile ha subido 24.7% con respecto a todo el año 2017, esto demuestra que el crecimiento de inversión extranjera en chile cumple con los estándares de inversión para empresas extranjeras lo que conlleva a un mayor desarrollo en la implementación de tecnología y optimización de procesos.

Es por esto por lo que nuestro país ha optado por dejar la metodología convencional y optar por un cambio de modernización a través del programa construye 2025 en la implementación para el plan BIM 2020 que tiene como objetivo que todos los organismos públicos que tienen que ver con el área de la construcción implanten esta tecnología. Si bien es cierto que la tecnología BIM viene en reemplazo metodológico en la forma de hacer las cosas en el área de la construcción, no hay un claridad si es que esta tecnología podrá insertarse completamente en nuestro país y si realmente es necesario que todas las áreas de la construcción lo necesiten, es aquí donde sale la interrogante de la pequeña y mediana empresa la cual se debe clasificar por tipo caracterización pudiendo ser del tipo que es más técnica o a nivel de importancia de proyecto, generalmente liderada por un constructor civil o un profesional del área, como también puede ser del tipo que realiza labores auxiliares entre otras, los cuales del punto de vista sociotécnico estarían enfrentando un cambio que pudiere ser innecesario para este tipo de labores.

El sector de la construcción representa un 8.5% según estadísticas de la cámara chilena de la construcción (informe mach 47)[2] no siendo tan grande como la minería con un 35.2% pero se generan proyectos de grandes inversiones donde generalmente

1 Flujo de inversión extranjera directa (IED) banco central.

2 Informe mach 47) informe de macroeconomía y construcción cchc.|

se necesita de capital extranjero para el desarrollo de dichos proyectos, los cuales van asociados al mejoramiento de la infraestructura del país, obras viales, hospitalarias o megaproyectos como el edificio costanera center, la nueva línea del metro y la central alto Maipo, cuyas metodologías se podrían aplicar a proyectos de menor envergadura dando la oportunidad de que los estándares de construcción en chile aumenten su desarrollo en el uso de tecnología a niveles de proyectos de gran complejidad y aumentando la posibilidades de que pymes especializadas en alguna labor puedan tener participación de dicho proyecto en algún punto de este.

Frente a lo antes expuesto es posible proyectar el área de la construcción como una oportunidad para inversión e innovación cambiando paradigmas actuales e incentivando la implementación de tecnologías modernas en los `procesos de construcción lo cual aumentara el nivel de productividad, mejora de calidad, y satisfacción de los clientes.

En este estudio se evaluará las pequeña y mediana empresa en la región del bio bio y el uso de la metodología BIM en estas, desde un punto de vista prospectivo y sociotécnico en las llamadas pymes de construcción debido al aumento de productividad y complejidad de los proyectos lo cuales demandan que nuestro país aumente sus estándares de calidad con la implementación de tecnología en los distintos procesos que tiene un ciclo de proyecto, a través del programa Construye2025 que busca transformar al sector de la construcción desde la perspectiva de la sustentabilidad y productividad, para lograr un desarrollo nacional con equidad social, económica y medioambiental.

## MARCO TEORICO

Para poder entender a donde a punta esta investigación es necesario saber algunos conceptos que se mostraran a continuación.

### ¿Qué es BIM?[3]

El sistema BIM es un software computacional que permite modelar diferentes proyectos de construcción y sus siglas significan Building Information Modeling (modelado de la información de la edificación). Este software busca hacer la información del proyecto coordinada, coherente, computable y continua, Mientras que el programa de CAD utiliza sólo geometría en 2D o 3D sin diferenciar los elementos, el programa BIM utiliza bibliotecas de objetos Inteligentes y Paramétricos interpretando las interacciones lógicas entre los diferentes tipos de objetos y almacena la información referente a estos objeto se suele confundir modelos 3D (maquetas electrónicas) con un modelo de información BIM, además de ser un modelo en tres dimensiones (información gráfica) se le puede incorporar información relevante del proyecto como datos cuantitativos (cubicaciones especificaciones técnicas, Líneas de tiempo etc.)

### Actualidad en chile.

La globalización ha tenido una fuerte influencia en el desarrollo tecnológico y ha obligado a que los diversos rubros productivos modernicen sus procesos de manera que las inversiones de extranjero en chile no generen desventajas competitivas para el mercado interno. Según cifras del banco central el flujo de inversión extranjera[1] directa (IED) en el primer cuatrimestre del 2018 es de 8475 millones de dólares, Por lo tanto, chile ha subido 24.7% con respecto a todo el año 2017, esto demuestra que el crecimiento de inversión

[3] Fuente: tercera conferencia tecnológica corporación de desarrollo tecnológico (conceptos generales vivian cardet) 2010 cchc.

extranjera en chile cumple con los estándares de inversión para empresas extranjeras lo que conlleva a un mayor desarrollo en la implementación de tecnología y optimización de procesos.

Es por esto por lo que nuestro país ha optado por dejar la metodología convencional y optar por un cambio de modernización a través del programa construye 2025 en la implementación para el plan BIM 2020 que tiene como objetivo que todos los organismos públicos que tienen que ver con el área de la construcción implanten esta tecnología. Si bien es cierto que la tecnología BIM viene en reemplazo metodológico en la forma de hacer las cosas en el área de la construcción, no hay un claridad si es que esta tecnología podrá insertarse completamente en nuestro país y si realmente es necesario que todas las áreas de la construcción lo necesiten, es aquí donde sale la interrogante de la pequeña y mediana empresa la cual se debe clasificar por tipo caracterización pudiendo ser del tipo que es más técnica o a nivel de importancia de proyecto, generalmente liderada por un constructor civil o un profesional del área, como también puede ser del tipo que realiza labores auxiliares entre otras, los cuales del punto de vista sociotécnico estarían enfrentando un cambio que pudiere ser innecesario para este tipo de labores.

**¿Qué es el programa construye 2025?[4]**

El Programa Construye2025 es una estrategia nacional que tiene el objetivo de transformar la forma de construir edificaciones en Chile, para mejorar la productividad de la industria de construcción en toda su cadena de valor y generar un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad, considerando el impacto del ciclo de vida del inmueble y el bienestar de las personas.

Para lograr lo anterior, coordinaremos y articularemos la participación de actores relevantes, la provisión de bienes públicos, la generación de iniciativas innovadoras y las mejoras regulatorias necesarias, propiciando a la vez un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad.

[4] Fuente: construye2025.cl/.

## ¿Qué es plan BIM 2020?[5]

Es un proyecto que busca incrementar la productividad y sostenibilidad de la industria de la construcción, mediante la incorporación de metodologías y tecnologías avanzadas de información, considerando todas las etapas de los proyectos desde el diseño hasta la operación.

Éste es un plan a 10 años que tiene como uno de sus hitos relevantes lograr la exigencia de BIM para proyectos públicos en el año 2020, generándose un proceso gradual con anterioridad a esa fecha. Actualmente este plan está siendo articulado por Corfo en conjunto con los ministerios de: Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Economía y Hacienda, además de la Cámara de la Construcción y el Instituto de la Construcción.

## PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.[6]

En nuestro país la pequeña y mediana empresa está definida por el Ministerio de Economía que clasifica las empresas de acuerdo con el nivel de ventas. Considera como Empresas Pequeñas a las que venden entre UF2.400 y UF25.000 al año y como Empresas Medianas las que venden más de UF25.000 al año, pero menos de UF100.000. Esto implica que en términos de ventas anuales se define como PYMES a las empresas que se encuentran en el rango de UF2.400 a UF100.000 y también por su número de trabajadores como se muestra en la siguiente tabla.

[5] Fuente: construye2025.cl/.
[6] Fuente: ministerio de economía fomento y turismo.

# METODOLOGIA DE TRABAJO

Para determinar la metodología de trabajo se procederá de la siguiente manera:

**Revisión bibliográfica y entrevista con expertos en el área**

Se realizará una extensa revisión bibliográfica de documentos relacionados con planificación, metodologías para el control de trabajos, implementación del BIM, tecnologías de información, productividad y análisis de costos.

Se complementará con información de artículos y tesis publicadas a nivel nacional e internacional con el fin de evaluar el estado del arte de la implementación de las tecnologías BIM en la industria de la pymes de construcción. También se realizarán entrevistas con empresas expertas en el área.

**Desarrollo metodológico de evaluación a la implementación.**

De la investigación bibliográfica y de las citas realizadas, se propone una metodología de implementación para la pequeña y mediana empresa con el fin de que pueda incorporar la herramienta BIM de manera que se ajuste a los requerimientos tecnológicos actuales.

**Evaluación de costos de implementación y resultados.**

Se realizará una evaluación financiera de la variante costo de implementación y el impacto que genera sobre los ingresos para la pequeña y mediana empresa de construcción.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar técnica y económicamente el software Revit lt para pymes de construcción.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Detectar el problema de forma prospectiva y socio técnicamente de la metodología BIM para pequeñas y medianas empresas de construcción en la región del bio bio.

2) Evaluar las ventajas y desventajas de la metodología BIM en la pequeña y mediana empresa.

3) Proponer un modelo de implementación de la metodología BIM para la pequeña y mediana empresa de construcción.

4) Analizar los costos de implementación de la metodología BIM para la pequeña y mediana empresa de construcción.

## JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

En chile no existe un documento que resuelva o nos aclaren cuales serían los beneficios de la herramienta BIM en términos de satisfacer la necesidad de plazos, calidad y costos que se generarían en una pequeña y mediana empresa. También hay que considerar que todos los registros de información en la época actual se manejan de forma digital a través de softwares los cuales deben ser comunicados en formatos compatibles entre los emisores y los receptores, una realidad de la cual la industria de la construcción no queda exenta, generando una necesidad de mejor comunicación entre formatos dentro de las especialidades de la construcción dando paso a la modernización y utilización de herramientas que permitan controlar el diseño de un proyecto ayudando a la transmisión de información y detección de interferencias lo cual conllevara una mejora en la ejecución de procesos, aumento de productividad, mejora en la calidad, y plazos de ejecución de acuerdo a lo programado.

En la etapa de ejecución cuando se producen incongruencias entre la planificación y lo acontecido en terreno los profesionales encargados se ven obligados a tomar decisiones que por falta de tiempo o experiencia puede generar repercusiones gigantescas en las variables de costo, plazo, calidad que sufren impactos no deseados determinando el curso de un proyecto. Es aquí donde la herramienta BIM entra a cumplir un papel importante ayudando a detectar estas incongruencias en la etapa de diseño donde entrega información paramétrica en 3D y 4D reduciendo el nivel de interferencias a futuro y una mejor gestión de proyecto, la cual se intenta desarrollar a nivel de país para el año 2020 a través del plan BIM, sufriendo un proceso de transición que las pequeñas y medianas empresas no están exentas debido a que trabajan mucho con decretos gubernamentales como el DS 19, DS 116 de integración social y subsidios para la ampliación de la vivienda.

# CAPÍTULO I:  DETECCIÒN DEL PROBLEMA.

## 1.1 DETECCION DEL PROBLEMA.

Según cifras del Informe Mundial de Competitividad 2018, publicado por el Institute for Management Development (IMD)[7] de Suiza y mostrado por la universidad de chile, nuestro país se encuentra en el número trigésimo quinto de competitividad a nivel mundial y en primer lugar dentro de latino América. Este informe toma en cuenta el desempeño económico, eficiencia del gobierno, eficiencia de negocios e infraestructura, donde se destaca que chile tiene baja amenaza para la reubicación de productos, Flujo Inversión Directo en acciones (%PIB) desde el punto de vista económico, desde la perspectiva de gobierno se destacan una baja intromisión del estado en actividades de negocios, apertura de los contratos estatales a proveedores extranjeros y un impacto positivo de la Política del Banco Central, del punto de vista de negocios resalta una adecuada regulación del nivel de riesgo financiero, actitud Positiva hacia la globalización y por ultimo del ámbito de infraestructura se distingue disponibilidad de ingenieros calificados, positivo avance hacia energías renovables y expectativas de vida al nacer. Si bien tenemos grandes fortalezas que motiva al mercado a incentivar el aumento de tecnología en la industria fortaleciendo el progreso y disminuyendo la brecha que existe con países más desarrollados también tenemos debilidades en las cuatro áreas antes mencionadas, las cuales vale la pena tomar en cuenta donde algunas de estas son: exportaciones poco diversificadas por productos y países, bajo crecimiento del PIB, déficit fiscal, baja Productividad, baja participación laboral femenina, falta de flexibilidad y adaptabilidad, cobertura de asistencia médica, las habilidad de lenguaje no satisfacen las necesidad de las organizaciones, baja inversión en infraestructura.

El sector de la construcción en nuestro país es visto como un mercado de oportunidad para las empresas extranjeras sobre todo para proyectos de gran envergadura como obras

[7] (IMD) informe mundial de competitividad transcrito por la universidad de chile.

viales, proyectos portuarios, aeropuertos, hospitalarios, centrales de energía e infraestructura inmobiliaria por lo tanto es necesario que chile cumpla con los estándares de competitividad y tecnología para poder realizar procesos de gestión más eficientes.

A través de datos cualitativos y cuantitativos obtenidos por diferentes estudios ligados a nuevas técnicas y metodologías de construcción se puede rescatar que la metodología BIM permite y ofrece una oportunidad para la mejora de la gestión de proyectos referente al área, es así como nuestro país debido a las causales anteriores mencionadas establece el programa construye 2025 donde se pretende mejorar y optimizar la metodología de hacer las cosas pero existe un paradigma al cambio que no se ha logrado modificar en las empresas que invierten en el desarrollo de proyectos en nuestro país y una clara falta de distribución de este tipo de información que no llega a todos los personajes involucrados en el área de la construcción.

En el ciclo de vida de un proyecto[8]de construcción se identifican por lo general tres protagonistas que interactúan entre sí: el mandante, la arquitectura y la inspección técnica de obras (constructora) con responsabilidades y funciones individuales como contractuales, para que la herramienta BIM pueda ser usada de manera correcta aprovechando toda su funcionalidad es necesario que todos los participantes se familiaricen con el software y los consideren importante dentro del proceso de gestión, pero la realidad es que cada departamento opera con metodologías propias dificultando la posibilidad de poder trabajar de forma colectiva como un solo equipo y esto también influye en las pymes que pueden participar a cualquier nivel de proyecto sobre todo en las que son de carácter más técnico debido a que estas se verán obligas al cambio con el plan BIM 2020 que es parte del programa construye 2025 y en muchos casos esta metodología se puede considerar incluso innecesaria dentro del desarrollo que tienen las pequeña y medianas empresas en nuestro país dando origen a un problema sociotécnico que involucra la herramienta como tal y la caracterización humana.7

En la etapa de diseño primero se genera el estudio del terreno donde se realizara la obra y donde se analizan sus condiciones generales y reglamentarias, su topografía, geología, hidrología ,luego viene el diseño arquitectónico que contempla los requerimientos del

[8] Fuente: procesos y técnicas de construcción sexta edición

dueño, preparación de un anteproyecto y finalmente el diseño del proyecto arquitectónico definitivo, que incluye planos y especificaciones, ahora es el turno del diseño estructural de la obra para que sea capaz de resistir los esfuerzos a los cuales será sometida durante su vida útil, donde las etapas de esta fase son: determinación de los esfuerzos que solicitaran las estructuras, estructuración y de terminación de los elementos resistentes, diseño de elementos estructurales y configuración de planos y por último confección de especificaciones técnicas. Pero es la arquitectura quien lidera el desarrollo del proyecto por lo tanto debería ser el personaje que debe guiar y dar soluciones a las demás especialidades incluyendo a los subcontratos que se puedan generar en la obra con la pequeña y mediana empresa, los cuales modifican consideraciones respecto a situaciones técnicas que no pueden ser previstas por la arquitectura generándose las denominadas interferencias en la ejecución del proyecto, implicando costos asociados que escapan de las expectativas iniciales de planificación generando problemas de calidad, entregas fuera de plazo, y otros conflictos que deben ser asumidos por el mandante.

Es así como nuestro país debido a las causas antes mencionadas busca optimizar los recursos en el área de la construcción a través del programa construye 2025 que pretende mejorar la minimización de impacto que genera un proceso de construcción, reducir el consumo de energía en edificaciones, aumentar la productividad del sector entre otros teniendo como proyecto principal el plan BIM que se pretende ejecutar para el año 2020.

El plan BIM[9] es un plan a 10 años que tiene como uno de sus hitos relevantes lograr la exigencia de BIM para proyectos públicos en el año 2020, generándose un proceso gradual con anterioridad a esa fecha. Actualmente este plan está siendo articulado por Corfo en conjunto con los ministerios de: Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Economía y Hacienda, además de la Cámara de la Construcción y el Instituto de la Construcción, las grandes empresas constructoras ya han empezado con esta modernización caso muy diferente a las de pequeñas y medianas empresas las cuales la mayoría no maneja información sobre los posibles cambios el 2020 y en muchos casos ni siquiera se ha oído hablar de BIM por lo tanto será un problema que se generara en un futuro, donde la presente investigación pretende adelantar posibles causales de conflicto de implementación debido a que a un no hay una normalización de la metodología BIM a

[9] Fuente: programa construye 2025.

pesar de que hay algunas investigaciones muy generales y el proceso de creación de la iso 19650[10] que busca estandarizar la implementaciones BIM pero a un periodo lejano al nuestro ya teniendo que haber publicado dos artículos y demostrando el alto nivel de retraso que se lleva.

Es así como a futuro se prevé un conflicto de mucha demanda en nuestro país debido a que le porcentaje de pequeñas y medianas empresas que trabajan con entidades públicas es elevado. Durante el desarrollo de este capítulo se pretende mostraran posibles causales de conflicto para esta implementación de BIM en la pequeña y mediana empresa.

## 1.2 INCERTIDUMBRE ACTUAL EN LA IDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION EN CHILE DEBIDO AL PLAN BIM 2020.

La pérdida de dinamismo en la actividad de la construcción[11] en los últimos años se ha reflejado en las menores tasas de crecimiento tendencial, esto es debido a los ajustes de inversiones mineras y su impacto en los sectores mandantes de la construcción, seguido del efecto que produce la incertidumbre de las reformas estructurales haciendo que la construcción retroceda un 0.7% anual el año 2016.

En el primer semestre de 2017 diversos indicadores sectoriales habían continuado empeorando su desempeño en relación con lo observado en el mismo período de 2016, se aprecia un descenso general de la demanda de materiales, situación que resulta preocupante, debido a que se aprecia una disminución de la adquisición de insumos en los subsectores de la construcción, lo anterior es coherente con la inercia observada en de menores montos de inversión y la escasa entrada de nuevos proyectos de infraestructura principalmente en los sectores de energía y minería.

Es así como la inversión total en construcción en el año 2017 tuvo tendencia a la baja en dos décimas respecto de lo previsto quedando en un rango de 1,8% a 1,2% anual.

El problema sigue siendo la incertidumbre asociada a los riesgos político-económico de los últimos años y el escenario de la caída de la inversión en infraestructura privada no

[10] Fuente: organización internacional de normalización.
[11] Fuente: cchc

logra ser compensada por el crecimiento en la inversión de vivienda a través de subsidio DS19 (integración social) que se agregó en 2017 debido a que el sector inmobiliario tenía muchos proyectos rezagados, es decir, aquellos que se encuentran en su etapa de obra gruesa y terminaciones beneficiando a la pequeña y mediana empresa que por lo general trabajan con este tipo de contratos públicos que debido al programa construye 2025 deberán implementar BIM para realiza sus contratos enfrentándose a una metodología de la cual han recibido poca información los contratistas de este sector.

Para entender mejor la situación es necesario comprender que estos datos se miden a través de imacon[12] (índice mensual de la construcción) se calcula a través de una serie de variables, como la contratación de mano de obra, el índice de ventas de proveedores, el índice de despachos de materiales, la actividad de contratistas generales y la aprobación de permisos de edificación, tomando para ello cifras del Instituto Nacional de Estadísticas y de la Cámara Chilena de la Construcción, por otro lado, el inacor[9] (índice de la actividad de la construcción regional), se obtiene midiendo solo 3 variables, la contratación de mano de obra sectorial (que presenta baja tanto anual como trimestral), el consumo de cemento y la aprobación de permisos de edificación.

En agosto del 2018 los balances muestran un alza de 3.2% anual siendo la octava alza consecutiva en el año, se esperan cifras positivas en los próximos meses producto de las mejores perspectivas de crecimiento e inversión como también la disposición de agilizar proyectos por parte del gobierno y la elevación de los permisos de edificación en un 22,9% anual, pero el empleo sectorial retrocedió 2,9% según la CChC, se debe a una contracción de 5,7% anual del empleo asalariado y un aumento de 7,3% en 12 meses de los trabajadores por cuenta propia por lo tanto como afectara el plan BIM proyectado para 2020 las alzas esperadas a futuro de trabajadores particulares que han implementado su pequeña y mediana empresa de construcción.

[12] Imacon 2018 índice mensual de la construcción cchc

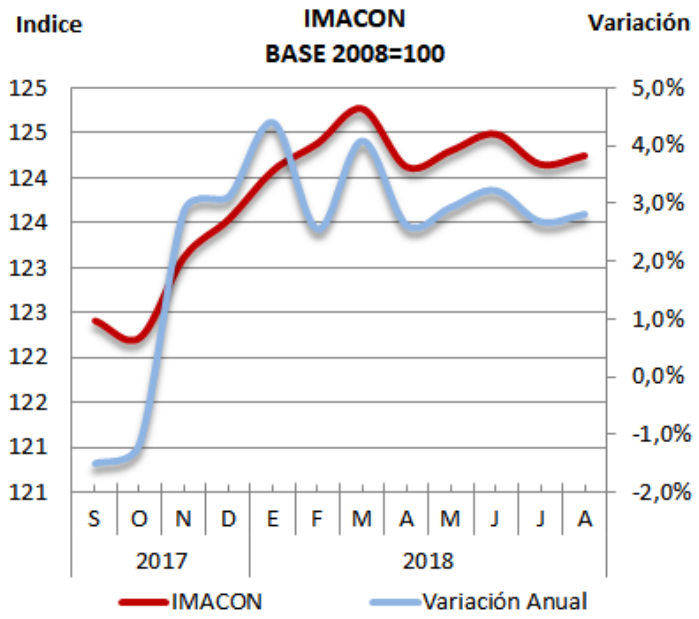



Grafico1-1 imacon

Fuente: cchc

| RESULTADOS DE AGOSTO DE 2018 | | | |
|---|---|---|---|
| INDICADOR | Cambios en 12 meses (en %) | | |
| | ago-17 | jul-18 | ago-18 |
| IMACON | -4.1 | 2.7 | 2.8 |

Tabla 1-1 imacon
Fuente: cchc

| INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN | | | |
|---|---|---|---|
| SECTOR | 2016 | 2017 | 2018 (*) |
| | Millones de UF | | |
| VIVIENDA | 220,0 | 221,1 | 230,3 |
| **Pública** | **46,9** | **45,9** | **45,0** |
| **Privada** | **173,2** | **175,2** | **185,2** |
| Copago prog. sociales | 33,6 | 33,6 | 34,5 |
| Inmobiliaria sin subsidio | 139,6 | 141,5 | 150,7 |
| INFRAESTRUCTURA | 445,9 | 414,5 | 430,4 |
| **Pública** | **160,8** | **162,1** | **165,7** |
| Pública | 112,4 | 114,2 | 113,1 |
| Empresas autónomas | 33,2 | 32,5 | 38,1 |
| Concesiones OO.PP. | 15,2 | 15,3 | 14,6 |
| **Productiva** | **285,1** | **252,4** | **264,7** |
| EE. Pública | 17,0 | 18,3 | 19,4 |
| Privadas | 268,1 | 234,1 | 245,3 |
| INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN | 665,9 | 635,6 | 660,7 |

Tabla 1-2 inversión sector construcción

Fuente: cchc.

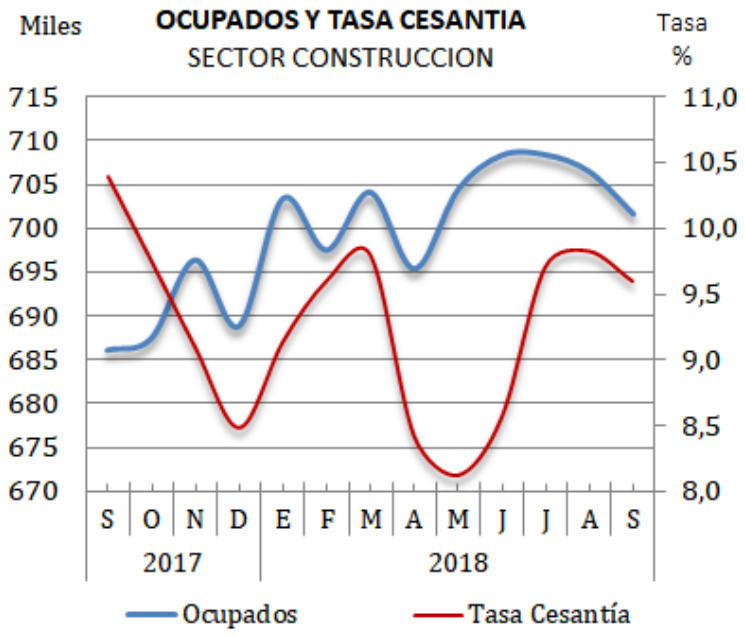



Gráfico 1-2 cesantía

Fuente: cchc

| | | OCUPADOS EN LA CONSTRUCCIÓN | |
|---|---|---|---|
| Año | Mes | Cantidad de trabajadores | Tasa de cesantía en la construcción, en % |
| 2017 | E | 705,091 | 9.8 |
| | F | 700,869 | 9.9 |
| | M | 712,950 | 9.7 |
| | A | 712,256 | 9.8 |
| | M | 704,722 | 9.9 |
| | J | 691,581 | 10.3 |
| | J | 684,364 | 9.9 |
| | A | 678,624 | 9.8 |
| | S | 686,001 | 10.4 |
| | O | 687,337 | 9.7 |
| | N | 696,352 | 9.1 |
| | D | 688,728 | 8.5 |
| 2018 | E | 703,370 | 9.1 |
| | F | 697,477 | 9.6 |
| | M | 704,104 | 9.8 |
| | A | 695,326 | 8.4 |
| | M | 704,409 | 8.1 |
| | J | 708,356 | 8.6 |
| | J | 708,394 | 9.7 |
| | A | 706,449 | 9.8 |
| | S | 701,609 | 9.6 |

Tabla 1-3 usuarios ocupados

Fuente: cchc con base de datos del ine.

A través de los datos obtenidos de los distintos informes emitidos por la cámara chilena de la construcción se puede deducir que la cesantía ha disminuido en términos comparativos desde el año 2017 a 2018 donde se muestra una clara alza de personas ocupadas involucradas al área de la construcción y también un alza en la tasa de porcentaje de trabajadores independientes y disminuyendo la tasa de empleo con contrato definido probablemente impulsado por el DS19, DS116 entre otros lo cual genera un aumento de creación de pequeñas y medianas empresas que tienen la capacidad adquisitiva y al experiencia para llevar a cabo este tipo de contratos públicos con los métodos tradicionales, aumentado el desarrollo de plusvalía de sectores rurales y de integración social en comunas ayudando a la nivelación de diferencias sectoriales.

Este desarrollo se podría ver afectado negativamente con el plan de implementación BIM para el año 2020 debido a que es una metodología socio técnica que afecta tanto a nivel de software y conocimientos como al área involucrada con procesos humanos donde

muchos de estos dueños de pequeñas y medianas empresas no han recibido información sobre esta metodología o simplemente se tiene un paradigma de cómo hacer y ejecutar las cosas, sumando un riesgo financiero que puede generar la implementación BIM como también la falta de capacidad adquisitiva para lograr la instauración de esta metodología socio técnica que viene dentro del programa construye 2025.

## 1.3 COORDINACION EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y RELACION CON LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS.

En nuestra época es muy habitual que se presenten descoordinaciones dentro de los proyectos y esto no deja fuera a las pequeñas y medianas empresas debido que trabajan en gran número en correlación con serviu y los proyectos ya vienen con problemas de diseño debido a que no se invierte suficiente tiempo en estudiarlos con más detalles, apareciendo diferencias entre la arquitectura y otras especialidades y viceversa. Esto se debe a que no hay una comunicación fluida entre las partes, lo que genera a que planos de cálculo o especialidades no se correlacionen con las láminas actualizadas de arquitectura. Estas situaciones se presentan debido a que los tiempos entre la concepción y la entrega del proyecto al cliente son muy acotados, además el mandante tiene interés en comenzar lo antes posible para así poder generar flujos financieros de su inversión.

La falta de detalle de arquitectura genera un escenario de incertidumbre que puede impactar negativamente en el resultado del proyecto, cuyos problemas son detectados en la etapa de construcción, por lo tanto, el objetivo del profesional en terreno principalmente es poder detectar las causales de pérdidas durante la ejecución donde se deben detectar los problemas y proponer soluciones y muchos de esos problemas son hallazgos que se generan en procesos que involucran a subcontratista dueños de una pyme que está haciendo un trabajo específico y cobrando sus estados de pago por partida terminada y porcentaje PAC[13] donde el contratista pretende no afectar las estimaciones proyectadas y evitar que se generen demoras innecesarias y costos adicionales a través de metodología convencional.

[13] Pac: porcentaje de actividades cumplidas

Es aquí donde la herramienta BIM aporta favorablemente en la gestión de un proyecto, mejorando la conexión entre la propuesta y el diseño final a través de la visualización 3D y 4D del proyecto, el cual contiene información de las demás especialidades en la misma plataforma permitiendo un proyecto automatizado obteniendo la secuencia de ejecución mediante la programación 4D[14] lo que ayuda a la comunicación entre especialidades, es decir contar con un lenguaje común donde arquitectura, cálculo y especialidades puedan comunicarse adecuadamente. Pero, aunque los profesionales trabajen con la misma tecnología no garantiza que el proceso de coordinación sea exitoso, debido a que se debe implementar una metodología correcta para controlar el flujo de información que se genera durante el desarrollo del proyecto, por esto es necesario que en el proceso de coordinación BIM sea incorporada en forma temprana, desde sus inicios, aumentando así su capacidad de impactar en el resultado final del proyecto, también hay que tomar en cuenta que esta metodología se puede ver afectada por la poca capacitación y falta de recursos sumado a la poca fluidez de información de esta metodología a los sectores de subcontratistas dueños de pequeñas y medianas empresas como también los paradigmas actuales sobre la forma de construir en nuestro país.

[14] 4D: time line de un proyecto

## 1.4 PROBLEMAS DETECTADOS EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y SU RELACION CON EL PLAN BIM 2020 Y LAS PYMES.

Según los estudios realizados por la corporación de desarrollo tecnológico (CDT) a través de las conferencias (BIM en el gerenciamiento de proyectos y Coordinación integral de proyectos) del año 2014. Se detectaron varias causas, donde las principales eran una mala coordinación de proyectos las cuales derivan de la falta de comunicación entre los participantes, seguido del tiempo destinado para el desarrollo de los proyectos en la etapa de diseño. Se destaca que estos problemas fueron calificados de acuerdo con su importancia con nota de 1 a 7, siendo 7 y que no deja afuera a pymes debido a que por lo general realizan trabajos específicos y de subcontrato en diferentes tipo de proyectos son las más afectadas por la mala coordinación, cuyo registro se aprecia en el siguiente gráfico:

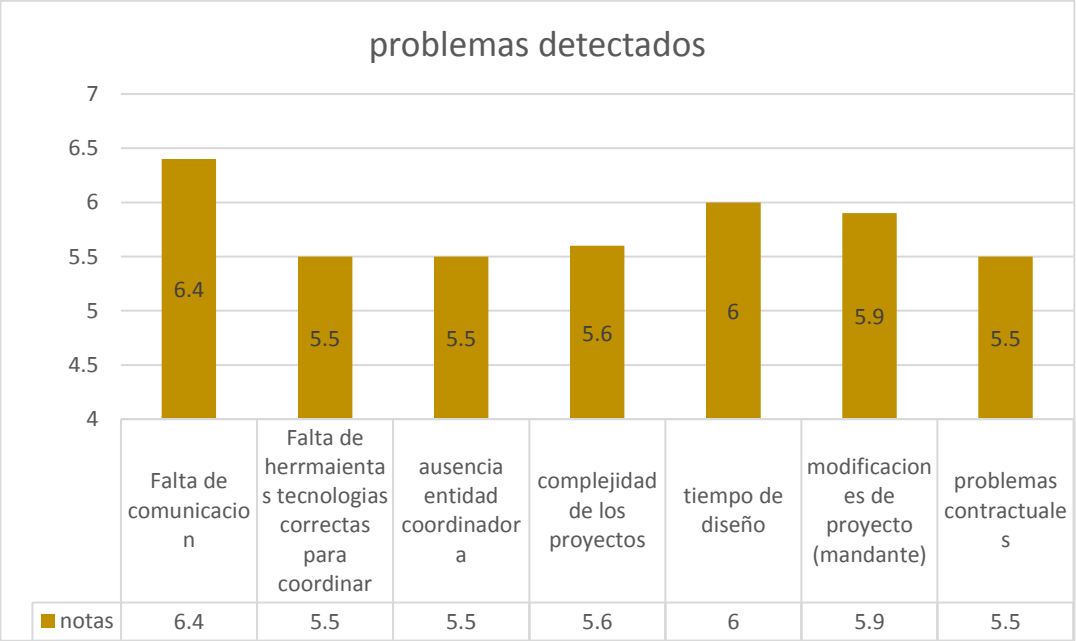



Gráfico 1-3 problema detectados :
Fuente: (conferencia coordinación integral de proyectos) (CDT) grafico de elaboración propia.

También se detectaron los problemas que generalmente ocurren en obra, ocupando la misma modalidad de evaluación los resultados se expresan en el siguiente gráfico.

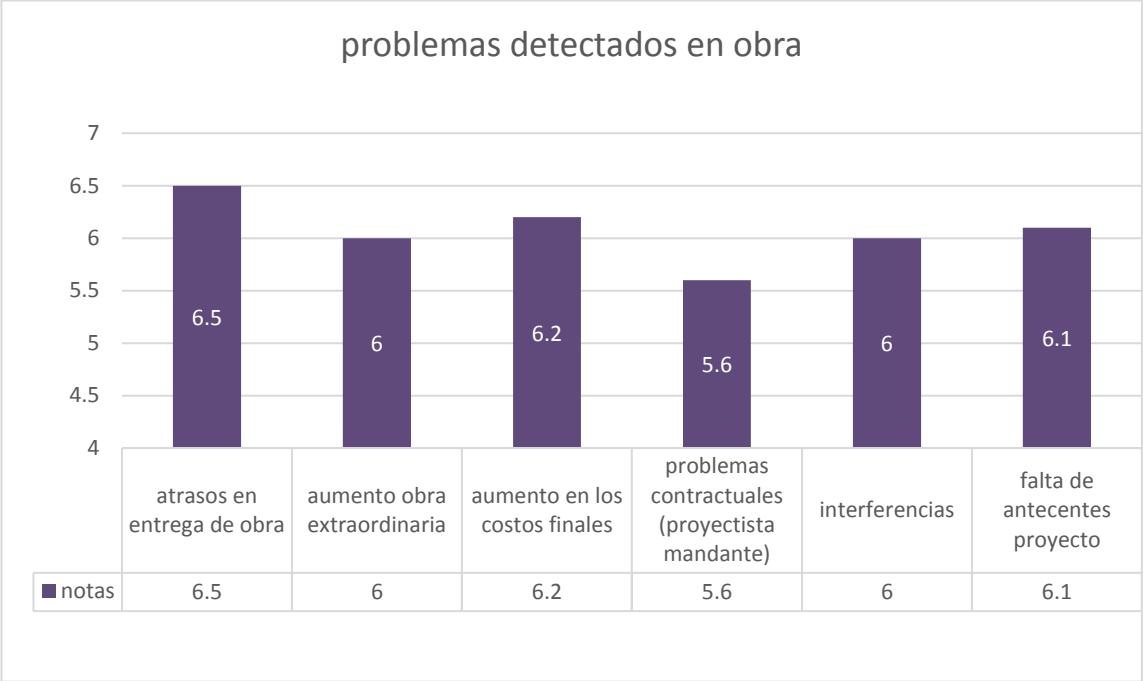



Gráfico 1-4 problemas en obra

Fuente: (conferencia coordinación integral de proyectos) (CDT) grafico de elaboración propia.

De la información obtenida se puede concluir que los principales problemas en obra se deben a atrasos en la entrega de la obra, seguido de aumentos en los costos finales de la de esta misma, de los cuales las pequeñas y medianas empresas son un porcentaje elevado de actividades con problema de atrasos debido a la mala coordinación, bajo este concepto la metodología BIM a través de plan BIM 2020 en nuestro país podría favorecer a la optimización del proyecto, pero dejando una gran brecha en términos de implementación con esas entidades y mirándolo desde el punto de vista prospectivo la metodología BIM podría causar más aspectos desfavorables que favorables, debido a la mala compatibilidad de información e interpretación de proyecto versus trabajos específicos de subcontrato que de forma tradicional se podrían arreglar de una forma más prolija y en menor tiempo, es por esto que el programa construye 2025 debe tomar en consideración que las pequeñas y medianas empresas como un factor importante a considerar dentro de su implementación de plan BIM 2020.

A continuación, se mostrará una tabla con el porcentaje de cómo se califican los profesionales del área de la construcción frente a la pérdidas de tiempo.

| | Mandante Co | constructora | coordinadores | especialistas | promedio |
|---|---|---|---|---|---|
| proyectos | % | % | % | % | % |
| Arquitectura | 20 | 26 | 29 | 25.7 | 25.175 |
| Cálculo | 21.7 | 26.1 | 24.4 | 26.6 | 24.7 |
| Sanitario | 20 | 8 | 11.1 | 6.3 | 11.35 |
| Eléctrico | 15 | 17.3 | 13.3 | 12.1 | 14.425 |
| Clima | 11.7 | 4 | 8.9 | 4.6 | 7.3 |
| Iluminación | 3.3 | 2.7 | 0 | 4.6 | 2.65 |
| NS / NC | 8.3 | 11.3 | 13.3 | 16.3 | 12.3 |
| Otros (seguridad, | 0 | 4.6 | 0 | 3.8 | 2.1 |
| incendios, etc) | | | | | |

Tabla 1-4 % calificación.

Fuente: tesis potencialidades de sistema BIM 2014. elaboración propia.

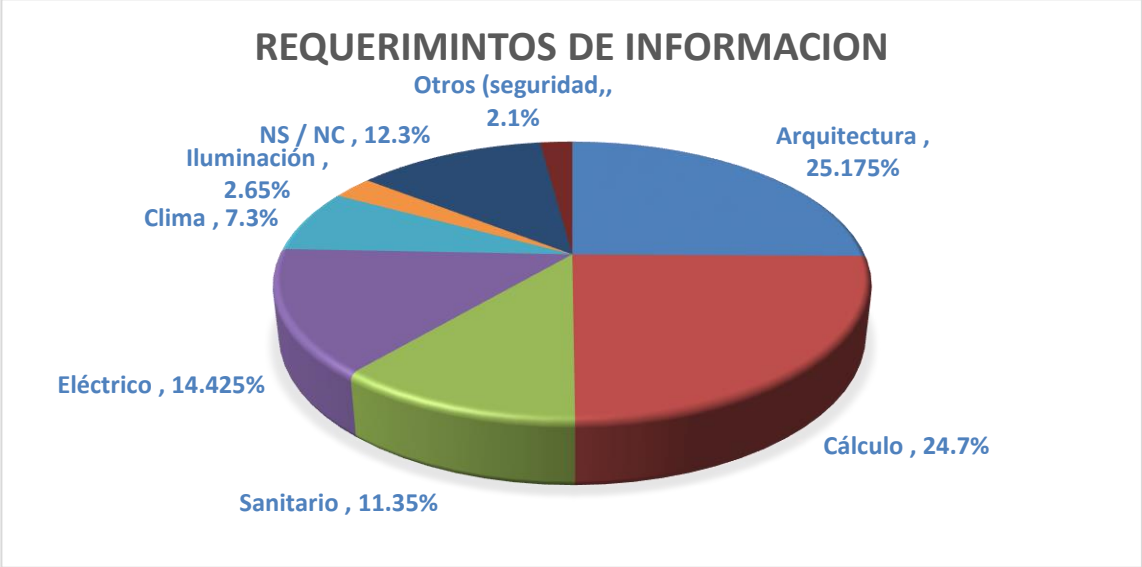



Gráfico 1-5 %RDI .

Fuente: tesis potencialidades de sistema BIM 2014 y cchc Gráfico de elaboración propia.

Los resultados presentados nos señalan que alrededor un 25.6% de pérdidas de tiempo se genera por requerimientos de información en las especialidades sanitario, eléctrico, clima e iluminación que generalmente son un foco inversión para pequeñas y medianas empresas en nuestro país, dejando a la categoría otros (seguridad incendios) que representan un 2.1% y un 12.3% por pérdidas de tiempo que no se sabe, por lo tanto nos muestra que más de un cuarto del total de pérdidas de tiempo se genera a través de la realización de estas actividades que generalmente se desarrollan con subcontratos no siendo un porcentaje menor y siendo posibles causales de problemas para la implantación de el plan BIM 2020. El 50% corresponde a pérdidas de tiempo por arquitectura y diseños que se pueden optimizar con BIM, pero se debe considerar que todos los subcontratos estén ad hoc con la metodología de lo contrario los resultados pudiesen ser negativos.

Los resultados expresados anteriormente nos denotan que la participación debe ser integral de todo el equipo de profesionales de distinta especialidad incluyendo a la pequeña y mediana empresa independiente de su clasificación y tipo debido que ante cualquier cambio o modificación del proyecto podría afectar el desarrollo de otra área de la ejecución de este mismo por mala capacitación de metodología y poca claridad en la interpretación.

A continuación, se muestra las calificaciones obtenidas de la tesis Hernández 2011 (proyectos de especialidad que generan más RDI[15]) asignadas a las especialidades más recurrentes en inversión de pymes, que dependiendo de su especialidad generan mayor pérdida de tiempo en obra, de las cuales fueron evaluadas de acuerdo con el siguiente criterio:

| ESCALA | RESPONSABILIDAD |
|---|---|
| 1 | Ninguna |
| 2 | Poca |
| 3 | Aceptable |
| 4 | Bastante |
| 5 | demasiado |

Tabla 1-5 escala de responsabilidad.

Fuente: elaboración propia.

[15] RDI: requisitos de información

| Actividad | Media |
|---|---|
| **Terminaciones** | **3.5** |
| **Climatización (aire acondicionado y calefacción)** | **2,3** |
| **Electricidad** | **2.8** |
| **Urbanización** | **2,2** |
| **Sanitario, Alcantarillado y Aguas Lluvias** | **3.0** |
| **Mecánica (Ascensores y/o escaleras mecánicas)** | **2,8** |
| **Redes de agua** | **2,0** |
| **Redes de gas** | **2,2** |
| **Detección de extinción de incendios** | **1,9** |
| **Iluminación** | **1,6** |
| **Paisajismo** | **1,1** |
| **Fachadas** | **1,0** |
| **Promedio** | **2.2** |

Tabla 1-6 Calificaciones asignada a cada actividad responsable de las pérdidas de tiempo

Fuente: elaboración propia.

De la siguiente tabla se puede reafirmar que el mayor tiempo perdido o problemas se produce por mala comunicación y falta de información dejando en primer lugar a las terminaciones, seguido de la especialidad de sanitarias y aguas lluvias y a los ascensores y escaleras mecánicas siendo estas especialidades un importante número de creación en el sector de pequeña y mediana empresa de construcción.

## 1.5 PRODUCTIVIDAD EN OBRAS DE CONSTRUCCION EN CHILE Y SU RELACION CON LAS PYMES.

De acuerdo con los datos obtenidos y estudios analizados anteriormente se puede decir que los proyectos de construcción se desarrollan en dos grandes etapas diseño y construcción, siendo en esta última etapa donde se reflejan la mayor cantidad de problemas producto de inconsistencias que se arrastran desde el diseño donde hay mayor participación de pymes.

Las causas que afectan el desarrollo de un proyecto pueden generarse en cualquier etapa del proyecto, dándose a conocer en la etapa de construcción, originando la posibilidad de hacer un análisis y establecer cuáles son los orígenes de los problemas, para esto me basare en un estudio realizado por la corporación de desarrollo tecnológico (CDT) de la cámara chilena de la construcción (CCHC) (análisis de productividad en obras de edificación en chile 2013), donde se muestra los niveles de actividad producidos en obra, diferenciando cuatro tipos, actividades que Agregan Valor (AV) o productivas, actividades que No Agregan Valor (NAV) o improductivas, actividades asociada a Detenciones Autorizadas (DA), como por ejemplo, los tiempos en que los trabajadores toman un descanso, desarrollo trabajos de seguridad, realización de charlas de seguridad, o razones atribuibles a condiciones climáticas que imposibiliten realizar tareas normalmente y por ultimo están las actividades de Soporte (SO), asociada a tareas necesarias para la ejecución de las labores productivas, como lo son las distribuciones de material, a continuación se mostrara una tabla con niveles de actividad del sector construcción.

| Niveles de Actividad | % |
|---|---|
| Agrega Valor | 55% |
| No Agrega Valor | 20% |
| Soporte | 20% |
| Detenciones Autorizada | 5% |

Tabla 1-7 Niveles de Actividad del Sector Construcción.

Fuente: CDT Elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede observar que sólo un 55% del tiempo total destinado a labores de producción se ocupa en actividades productivas, el 20% del tiempo se pierde y un 25% se destina a actividades colaborativas y necesaria para el desarrollo de sus trabajos en terreno lo cual podría mejorar considerablemente si se puede capacitar a pymes en la metodología BIM.

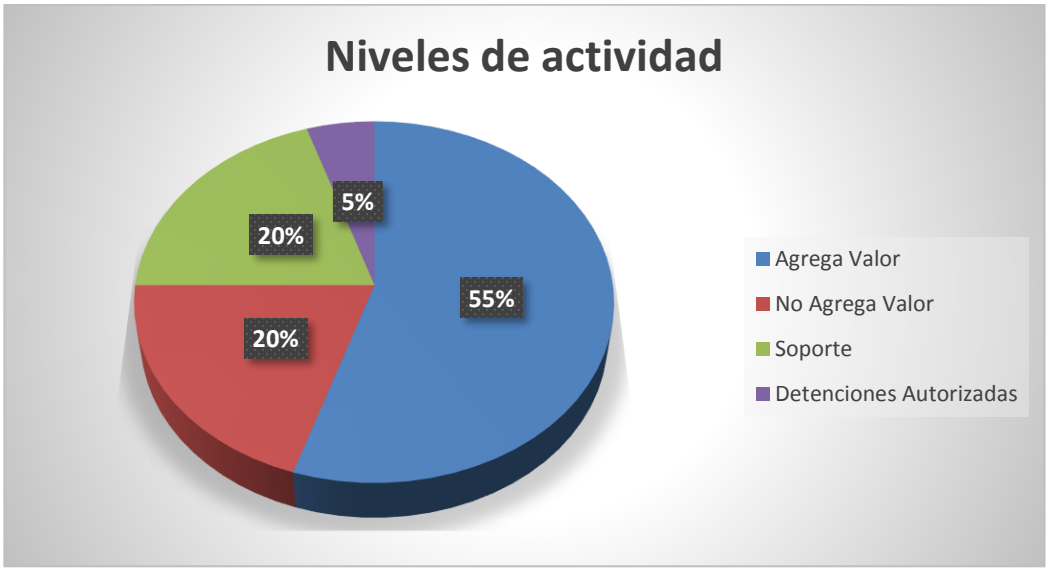



Gráfico 1-6 niveles actividad

Fuente: elaboración propia.

### 1.5.1 Productividad Según Tipo De Proyecto

De acuerdo con el tipo de proyecto que se ejecuta también se obtuvieron datos que se muestran en la siguiente tabla.

| **Niveles de Actividad por Subsector Acumulado** | (AV) | (NAV) | (SO) | (DA) |
|---|---|---|---|---|
| Edificación en Altura | 62% | 18% | 19% | 1% |
| Edificación en Extensión | 53% | 24% | 22% | 1% |
| Obras Especiales (Clínicas, Hospitales, Mall) | 59% | 19% | 20% | 2% |
| Minería | 47% | 14% | 8% | 31% |
| Montaje Pesado | 41% | 27% | 30% | 3% |

Tabla 1-8 tabla según tipo de proyecto elaboración propia.

Fuente: CDT.

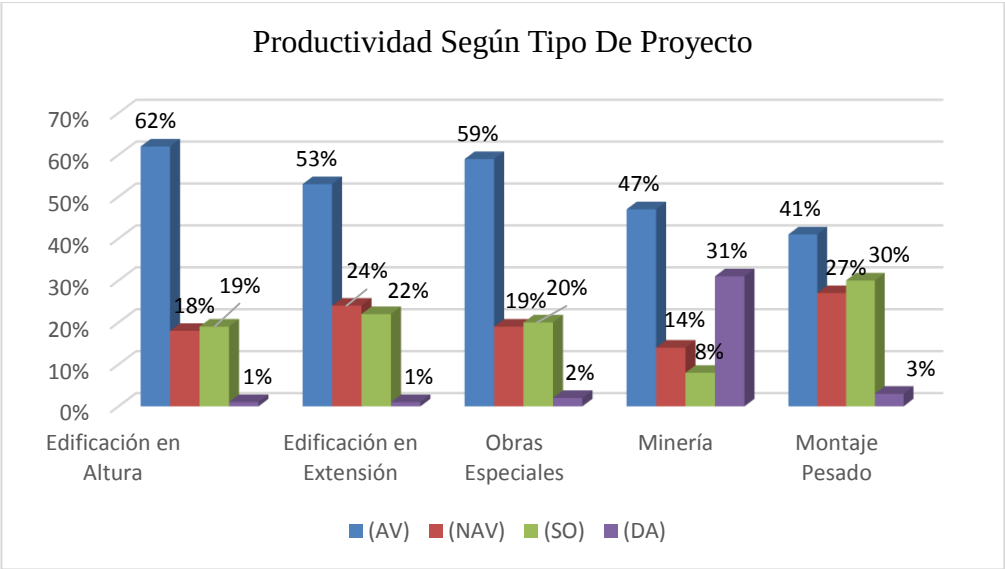



Gráfico 1-7 productividad según tipo proyecto.

Fuente: CDT Elaboración propia.

De los datos anteriores se aprecian elevados porcentajes de pérdidas de tiempo que varían entre un 18% aun 27% en los procesos constructivos, donde esto se relaciona con las pymes y subcontratos al no poder trabajar de forma coordinada con el resto de las especialidades independientemente del tipo de proyecto, en la tabla siguiente se mostrara las principales causas que afectan al no aportar valor en un proyecto y contribuyen a la pérdida de tiempo.

| Principales Causas de Pérdidas de Tiempo generales | % |
|---|---|
| Planificación y Coordinación | 36% |
| Metodologías de Trabajo | 21% |
| Supervisión | 17% |
| Otros | 15% |
| Abastecimiento de Materiales | 11% |

Tabla 1-9 principales causas de tiempo generales

Fuente CDT elaboración propia.

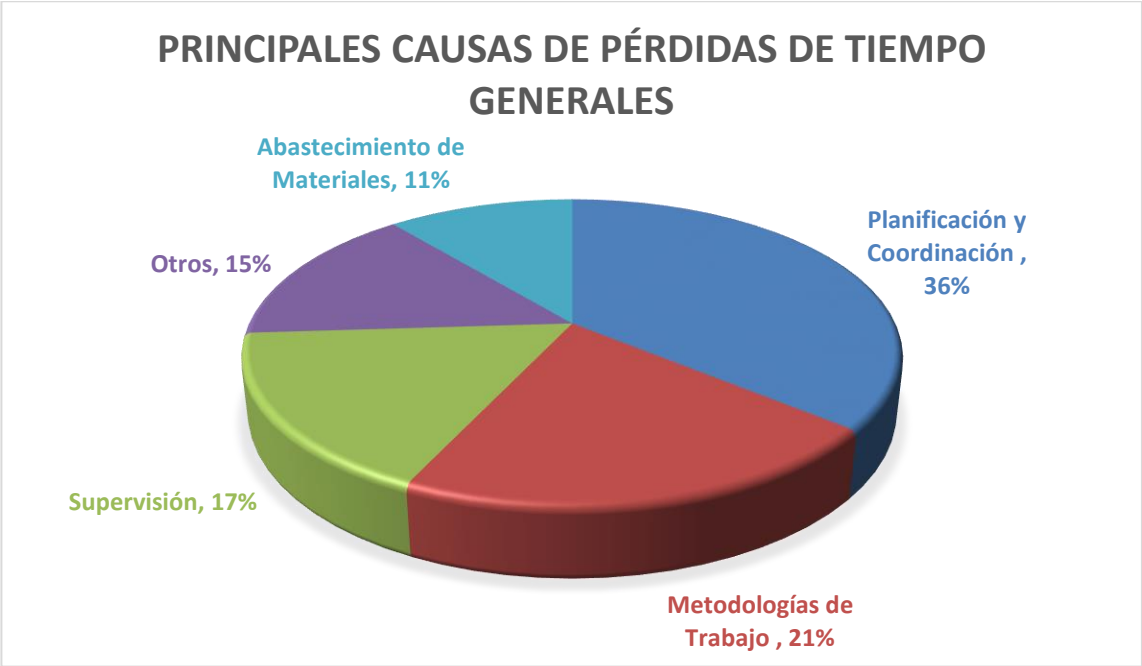



Gráfico 1-8 principales causas perdida tiempo general

Fuente: CDT elaboración propia

De los estudios analizados sobre pérdidas de tiempo generales se puede concluir que el 57% del total corresponde a planificación y metodologías de trabajo lo que equivale a más de la mitad de las pérdidas de tiempo, que al ser parte de etapas anteriores al inicio de la construcción se podría optimizar y mejorar con el uso de herramientas adecuadas para este labor donde la información podría viajar de forma más coherente a las etapas donde actúan los subcontratos que tienen que lidiar con los problemas y arreglarlos a través de la metodología convencional, opción que evaluándola prospectivamente debería cambiar con el plan BIM 2020 donde se puede optimizar ese 57% pero debe haber una correcta capacitación de las partes participantes en la construcción como es el caso de las pequeñas y medianas empresas de construcción.

## 1.6 ESTADÍSTICAS SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIM EN CHILE.

En chile una forma de poder medir la experiencia que se tiene en la actualidad con la herramienta BIM, es la encuesta nacional BIM realizada por el departamento de arquitectura de la universidad de chile, siendo el año 2016 lo más actualizado en información que existe a la fecha.

En este informe se resume los principales resultados de la Encuesta Nacional BIM 2016 realizada en Chile con el objetivo de conocer el estado actual del uso de la tecnología (BIM) a nivel nacional en el país. El estudio fue llevado a cabo por investigadores del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile y contó con la colaboración del Colegio de Arquitectos, el Colegio de Ingenieros, el Colegio de Constructores Civiles, la Cámara Chilena de la Construcción, la Asociación de Oficinas de Arquitectos, la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales, la Corporación de Desarrollo Tecnológico y BIM Fórum Chile.

De los resultados obtenidos más de la mitad de los encuestados señala ser usuario de BIM, Sin embargo, la encuesta muestra que la utilización es muy variada entre los usuarios originado como consecuencia que los beneficios y el nivel de satisfacción sea variado con respecto a la tecnología, a continuación, se dará conocer los resultados de la encuesta.

**Niveles de adopción entre usuarios:**

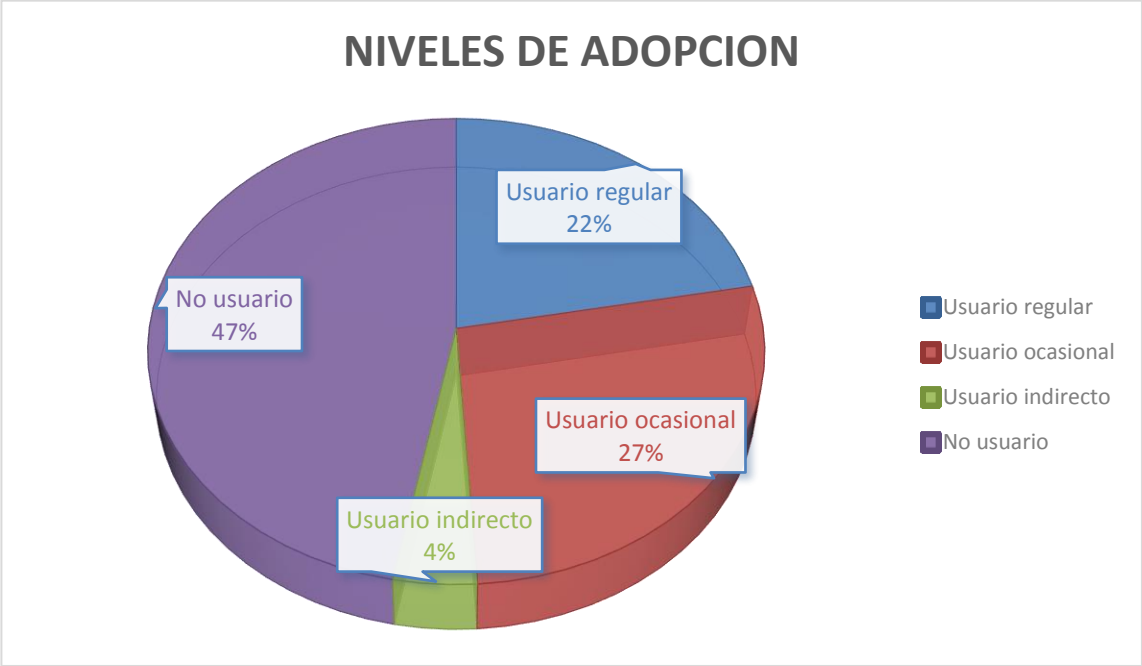



Gráfico 1-9 niveles de adopción

Fuente encuesta nacional BIM 2016 elaboración propia

Del grafico anterior se puede obtener que un 53% de los entrevistados señalo ser usuario de BIM dividiéndose un 22% para usuarios regulares, ósea que han utilizado la herramienta en la mayoría de sus proyectos en los últimos 12 meses, hay un 27% que declara ser usuarios ocasional es decir, que han usado la herramienta sólo en un par de proyectos, Un 4% son usuarios indirectos debido que han usado el sistema sólo a través de una empresa externa de modelación o coordinación BIM y un 47% se declara no usuario del software donde dentro de este un 40% dice que BIM solo se justifica en proyectos complejos y el 60% restante nunca ha escuchado hablar de la metodología o tiene poco conocimiento de este.

Para determinar si los datos de la encuesta nacional BIM 2016 coinciden con el escenario de la región del bio bio y en el tipo de empresa que está enfocada esta investigación, se realizó una encuesta solo a forma de corroboración de estos datos tomando como validez

la encuesta nacional BIM 2016 y también para saber ciertos puntos de interés personal para poder generar una implementación acorde a las necesidades de la región. Esta encuesta se realizó a 8 personas dueñas de una pyme de construcción en la región del bio bio donde 5 de ella corresponden a medianas empresas y 3 corresponden a pequeñas empresas donde sus dueños eran maestros con mucha experiencia y algunos cursos de capacitación, el número de encuestas está determinada por la repetitividad de las respuestas que se generaron por lo tanto a pesar que la encuesta está destinada a un sector específico no esta tan alejada de los datos obtenidos en la encuesta nacional BIM2016.

**Niveles de adopción entre usuarios pymes en la región del bio bio:**

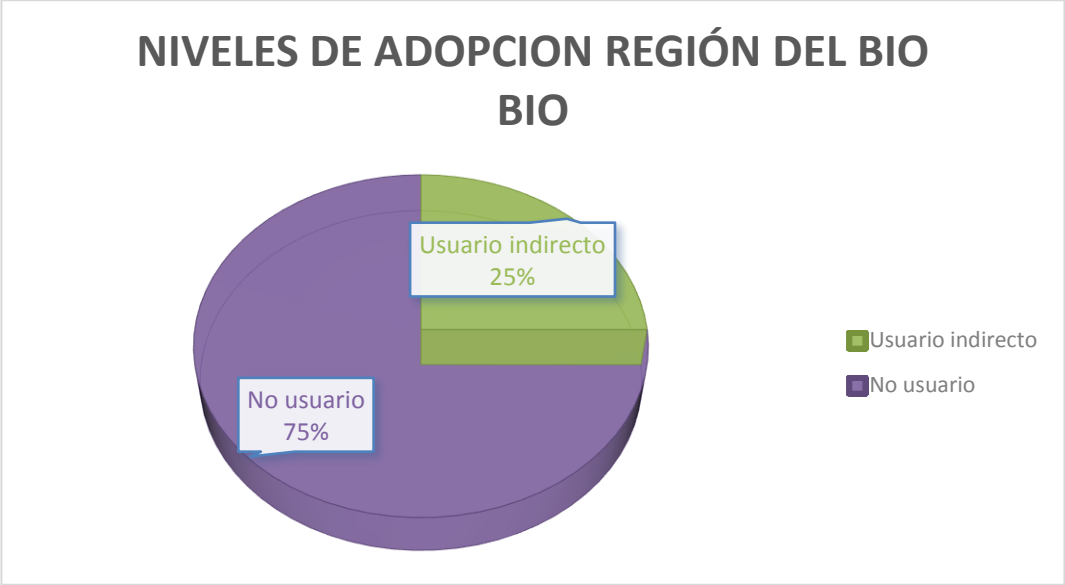



Gráfico 1-9* niveles de adopción

Fuente: elaboración propia

Según la encuesta realizada un 75% se declara no usuario que corresponderían a 6 personas y un 25% que serían 2 personas que se declararon usuarios indirectos debido a que les toco un par de veces contratar una consultoría debido a que se desempeñas en el área de instalaciones y pabellones quirúrgicos donde el proyecto estaba en metodología BIM.

**Nivel de adopción de uso entre disciplinas:**

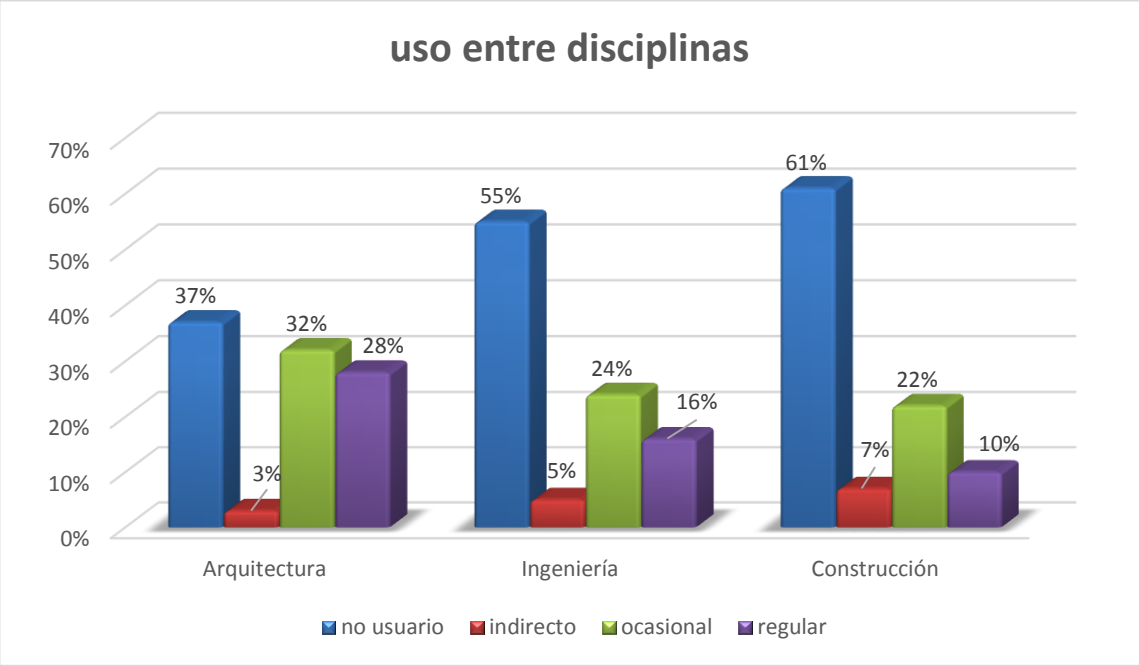



Gráfico 1-10 uso entre disciplinas.

Fuente: encuesta nacional BIM 2016 elaboración propia.

De el grafico anterior se obtiene que El 63% de los arquitectos señala ser usuario del software, contra un 45% de los ingenieros y 39% los constructores. Los arquitectos tienen la mayor proporción de usuarios regulares con 28%, mientras que los constructores tienen la mayor cantidad de usuarios indirectos con un 7%. También se ejecutó un análisis más intensivo sobre los ingenieros estructurales que se declara en un 57% usuario BIM frente a un 39% de usuarios especialistas en ingeniería eléctrica, sanitaria y climatización (MEP).

**Uso herramientas BIM:**

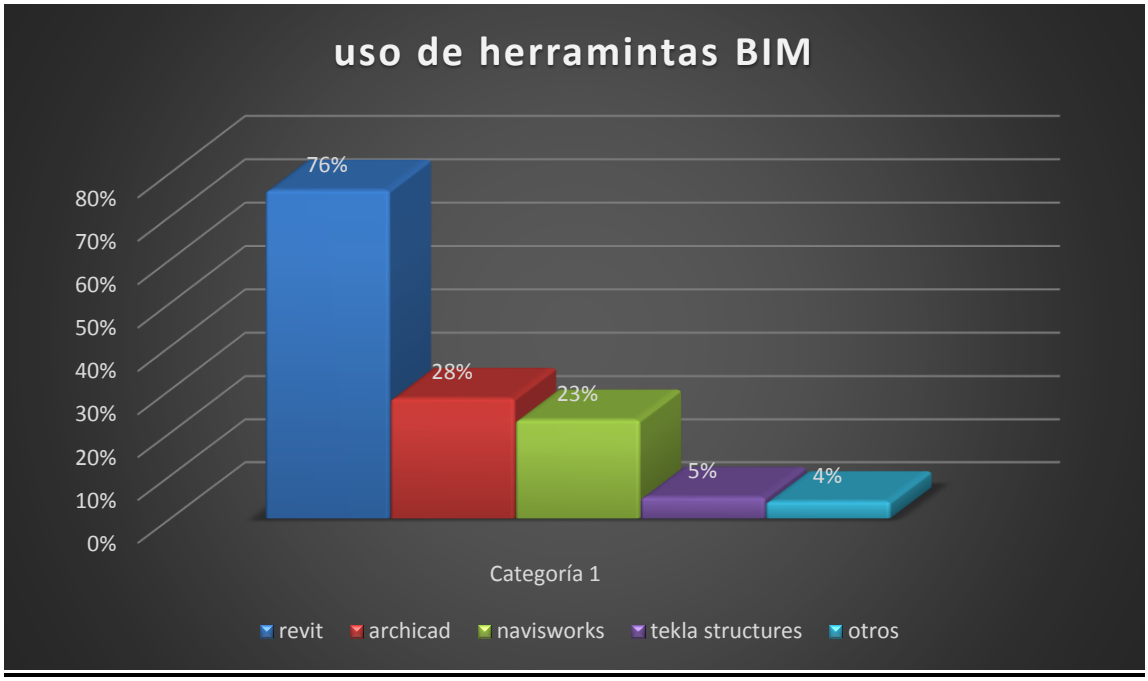



Gráfico 1-11 uso de herramienta bim Datos de preguntas múltiples no suman 100%

Fuente: encuesta nacional BIM 2016 elaboración propia

Del grafico anterior obtenido de preguntas múltiples (no suman 100%) se obtuvo que La herramienta Autodesk Revit usada en modelamiento arquitectónico es la dominante en el mercado, es utilizada por un 76% de los usuarios entrevistados sobre esta herramienta dentro de este porcentaje un 47% se declara usuario único de Revit, sin utilizar otro software como complemento, luego sigue Archicad que es una herramienta de modelado de información y arquitectura con un 28%, mayoritariamente usado por arquitectos al igual que Revit, la herramienta Navisworks usada para planificación y materialidades principalmente es usada por coordinadores BIM, obtuvo un 23% dejando por ultimo al software Tekla utilizada en diseño estructural con un 5% de uso y otros programas muestran tasas de uso marginal.

**Uso por tipo de proyecto**

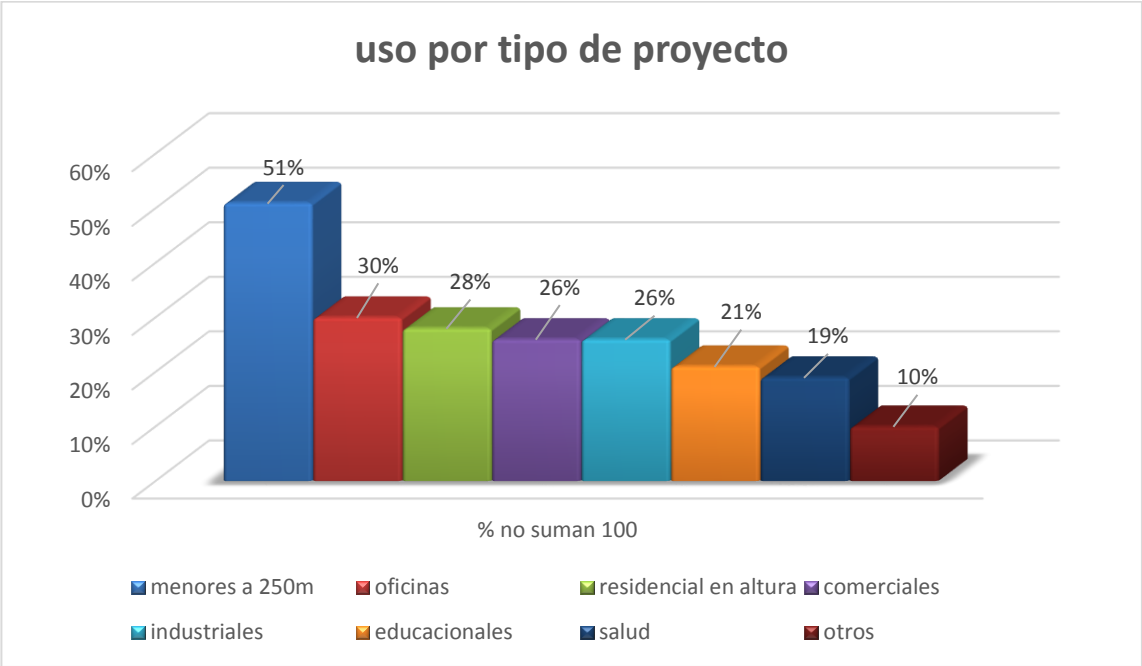



Gráfico 1-12 uso por tipo de proyecto.

Fuente encuesta nacional BIM 2016 elaboración propia.

Del grafico anterior el cual se ha realizado a través de una selección de preguntas y respuestas múltiples (no sumando 100%) a usuarios regulares y ocasionales, se destacan los edificios menores a 250m2 como los más frecuente utilizados con un 51%, seguido de las oficinas y las residencias en altura con un 30% y 28% respectivamente, los establecimientos comerciales e industriales obtuvieron un porcentaje de 26% y los recintos educacionales y de salud un 21% y 19% dejando a otros tipos de proyecto con un 10% de utilización entre usuarios regulares y ocasionales.

En un estudio más profundo respecto a la coordinación BIM, se obtuvieron resultados para edificación en altura con altura de un (61%), de oficinas y edificios de salud (56%).

## 1.7 PARADIGMAS EN EL CAMBIO DE METODOLOGIA TRADICIONAL A PLAN BIM 2020.

Debido la modernización y a la implementación de nuevas tecnologías es necesario estudiar y reevaluar, las técnicas de gestión como también las asociadas a control de proyecto para que satisfaga los requerimientos actuales, debido a que los proyectos de construcción son de un desarrollo muy complejo por la serie de procesos necesarios para poder llevar a cabo la materialización del proyecto, y llegar a la meta que es obtener un producto final con las características y requerimientos planeados. El sistema BIM lo que busca es un cambio metodológico que no altere el desarrollo de un proyecto, sino que contribuya a que se pueda llevar a cabo de mejor manera.

Por lo tanto el tema a resolver es si la herramienta efectivamente aporta al desarrollo del proyecto y si la inversión en tiempo y costo satisface los beneficios que eventualmente persigue también hay que ver el factor de si se podrá implementar en nuestro país o pasara de visita como otras tecnologías en chile, para esto hay que mirar más allá del uso de la herramienta y ver como emplearla para obtener el mayor provecho y potencial en la entrega de información a fin de que todos los agentes que interactúan en el proceso tengan acceso a esta, transformando el entorno del proyecto en un sistema automatizado donde todos aportan en la elaboración del producto incluso las pequeñas y medianas empresas.
Para que lo anteriormente dicho se pueda concretar es necesario superar el obstáculo que representa el temor al cambio o a la dificultad de realizarlo debido a que podrían producirse errores que tendrían un impacto aún más negativo que al trabajar con modelos tradicionales, generalmente es el arquitecto quien lidera los proyectos, por esto debe prever que los cambios que se puedan producir no impactarán en el producto como por ejemplo el no tomar en cuenta las estaciones del año en las que gestara el proyecto lo cual podría generar una infinidad de situaciones que generarían diferencias en tiempo a lo planificado, haciendo que los participantes de las especialidades involucradas en el conflicto intentarán solucionar los problemas desde el punto de vista a su beneficio y no en entorno a todo el proyecto.

En resumen, debido al programa construye 2025 este miedo está más generalizado que nunca y con un atrasos significativo de entrega de información para la pequeña y mediana empresa, debido a que es un tecnología sociotécnica se destaca la importancia de

la participación de todos los agentes que intervienen en la generación del proyecto, específicamente en la creación de los modelos más detallados favorecería la toma de decisiones, las cuales mientras antes se definan, mayor probabilidad de éxito tendrán, disminuyendo en consecuencia las incertidumbres asociadas a modificaciones de proyecto.

La idea es mostrar prospectivamente que la pequeña y mediana empresa juega un papel mucho más importante del que se pueda llegar a pensar para el éxito de esta transición metodológica que empieza con el plan BIM 2020 y que esta investigación sea una forma de aportar al cambio del paradigma actual y optar por metodologías innovadoras que colaborarán a que el proyecto se desarrolle conforme a las expectativas iniciales, donde la implementación de la herramienta en vez de transformarse en un problema resolverá una serie de inquietudes tanto técnicas como de diseño que impactarán positivamente en la obtención del producto a menor costo, plazo y mejor calidad y desarrollo de participantes en la construcción.

## 1.8 CAUSALES QUE INTERVENGAN EN LA IMPLENATACION BIM PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA MEPRESA.

Mirando desde el punto de vista prospectivo hacia la propuesta del programa construye 2025 que dentro de sus proyectos tiene el inicio de el plan BIM para el año 2020 que contempla el uso de la metodología BIM para los organismos públicos referentes al área de la construcción que afectaría a pymes tanto del área que trabaja con contratos públicos, como a pequeñas y medianas empresas especializadas en un partida más técnica de trabajo en el área privada, afectándose las primeras por la obligación de cambio de metodología para poder seguir trabajando con contratos tipo serviu y los segundos afectados por la modernización de la industria privada siendo un requisito para poder trabajar con ellos, de esto sale una serie de causales que serían posibles agentes de problemas para la implementación de Bim a continuación se mencionaran las siguientes:

### ISO 19650

Este documento busca describir los conceptos y principios para la gestión de la implementación de la metodología según la serie ISO 19650". Este documento proporciona recomendaciones para administrar información, la organización para todos los actores también es aplicable para todo el ciclo de vida de cualquier activo construido, incluida la planificación estratégica, el diseño inicial, la ingeniería, el desarrollo, la documentación de la construcción, la operación diaria, el mantenimiento, la renovación, la reparación y el final de la vida útil, este documento está en desarrollo por el instituto internacional de normalización (iso) debiéndose publicar sus dos primeras partes este 2018 por lo tanto si a nivel mundial se tiene un atraso considerable y ahí perspectivas de que le siguiente tomo salga para el 2020 las probabilidades de que en chile se pueda crear una guía para la estandarización de esta metodología son poco elevadas pudiendo llevar esta causal a las peores propuestas de escenarios posibles.

## CULTURA DE LA ORGANIZACIÓN

A pesar de los beneficios obvios de la metodología de BIM estos no llegan a alcanzarse en algunas empresas, siendo la principal causa una falta de conocimiento sobre qué es BIM. Podemos decir que el BIM en sí mismo no es suficiente, si no que la cultura de la empresa debe de estar orientada al uso del mismo, o dicho de otro modo, por mucho que el BIM pueda aportar notables beneficios en el trabajo del día a día, si la empresa no es capaz de transferir su forma de trabajo tradicional a una nueva forma de trabajo basada en BIM, adaptando no solo sus herramientas sino también su metodología, el riesgo de no alcanzar dichos beneficios y fracasar en el proceso de implementación es muy alto. Para ser capaces de realizar dicha transición de forma correcta es necesario que la empresa tenga conocimiento sobre los procesos de implementación y sea capaz de establecer unos protocolos adecuados para la transición de su forma de trabajo tradicional a la nueva metodología de trabajo. Si bien existe el entendimiento general de que este factor es aplicable únicamente a empresas de gran tamaño, y que el hecho de tener una estructura más reducida hace que no sea necesario en la pequeña y mediana empresa, se trata de una idea incorrecta. Si la implementación BIM es débil o incorrecta, la productividad esperada no se alcanzará a largo plazo. Una de las razones que se atribuyen a esta falta de conocimiento sobre los procesos de implementación BIM es la falta de guías y recomendaciones. Sin embargo, si bien es cierto que estas son necesarias, es también necesario que las empresas comprendan que no existe una receta tipo y que el modelo de implementación llevado a cabo en una empresa no se puede aplicar directamente a otra y esperar que sea exitoso. Por ello y para evitar este riesgo, cada empresa deberá analizar su estructura y modelo de negocio y establecer una estrategia propia, con objetivos a corto y largo plazo, para la adaptación a las nuevas metodologías. Para ello, las empresas podrán contar o no con ayuda externa en este proceso, pero en cualquier caso, deben de ser conscientes de que el proceso es necesario.

**PERSONAS**

Las personas son otro de los factores clave en el desarrollo del proceso de implementación que debe de ser considerado y evaluado por las empresas para minimizar el riesgo debido a que es una tecnología sociotécnica. La formación de las personas es esencial para poder trabajar en BIM, no sólo en el manejo de las herramientas o softwares si no en los procesos de trabajo. el BIM conlleva una innovación en los procesos de construcción, por lo que creer que con aprender a manejar un software es suficiente para trabajar en BIM supone un gran riesgo para las empresas y una de las principales casusas de intentos de implementación frustrados. Es necesario formarse en el manejo de las herramientas, pero es vital formarse en el proceso de trabajo. Dicho esto, es necesario puntualizar que ni los procesos ni probablemente las herramientas, sean los mismos en las distintas empresas, no siendo lo mismo un despacho de arquitectura, que una pequeña constructora, que una ingeniería, etc. pudiendo estar todos englobados bajo este término de pequeña y mediana empresa y los riesgos asociados a las personas es la resistencia al cambio. Como todo cambio, la implementación del BIM dentro de la empresa supone un esfuerzo que puede hacer que parte de los involucrados se resistan a llevarlo a cabo. Sin embargo, es necesario considerar que, en la estructura de la pequeña y mediana empresa, este riesgo suele ser menor que en las grandes organizaciones ya que en muchos casos, quien toma la decisión de realizar el cambio y quien lo ejecuta son mucho más cercanos o incluso las mismas personas lo que hace que estén más convencidos y que la resistencia al cambio sea menor. Posteriormente, una vez iniciada la transformación de la empresa al BIM, cuando se ha invertido en tecnología, en formación y se han tomado las decisiones de implantación, surge un nuevo rechazo al aparecer la necesidad de compartir la información. Tenemos firmemente asimilado que “información es poder” y encontramos que determinados agentes son reacios a compartir información. En unos casos porque se consideran responsables o “propietarios” de la misma y consideran una pérdida de su control, en otros casos, porque el resto de los agentes podrán acceder a un nivel superior de conocimiento (por otra parte, es necesario para aumentar la calidad del proceso constructivo) que pondrá de manifiesto las capacidades, pero también los errores de cada uno.

## TECNOLOGÍA

La tecnología juega un papel clave en el proceso de implementación BIM y no es posible una implementación BIM sin tecnología, por lo que una de las principales preocupaciones de las empresas suele ser la selección del software apropiado, esta preocupación es correcta ya que una mala elección puede conllevar el riesgo de que la empresa no sea capaz de alcanzar sus objetivos, añadiendo además el hecho de en la estructura económica de la pequeña y mediana empresa resulte más complicado o tenga un mayor impacto el tener que cambiar de software durante el proceso de implementación, implicando nuevos costes en licencias y formación. Volviendo a una idea ya mencionada, el perfil de las empresas es muy diferente y por tanto el emplear unas determinadas herramientas por que otra empresa lo esté haciendo no garantiza el éxito en el proceso de implementación. Es necesario analizar cuáles son las herramientas que mejor se adaptan a las necesidades concretas de cada empresa e investigar en las distintas posibilidades de software. Esta investigación o prueba inicial, puede parecer a primera vista un coste extra en términos económicos y de tiempo, sin embargo, garantizar que contamos con la herramienta correcta antes de realizar una mayor inversión no es comparable con los posibles futuros costes de realizar una elección incorrecta. Es necesario considerar además que es indispensable analizar con anterioridad que necesidad real de herramientas tiene la empresa y considerar que existen soluciones de software flexibles, que permitirán que la inversión tenga un menor impacto y pueda ser más progresiva. A pesar de que el término riesgo tenga en general una connotación negativa, científicamente se define como positivo y negativo, en ese sentido, la principal recomendación que se puede realizar para tener éxito en la implementación BIM es identificar con anterioridad los posibles riesgos de esta y gestionarlos de forma que las amenazas se conviertan en oportunidades. En general, los riesgos en la implementación del BIM en la pequeña y mediana empresa, vienen condicionados por la estructura financiera de las mismas. Sin embargo, conviene matizar que esto no supone que los riesgos de la implementación sean directamente sus costes si no la gestión de los riesgos en sí mismos. Dicho de otra forma, podemos distinguir unos riesgos visibles, aunque no necesariamente reales, que están generalizados entre la

pequeña y mediana empresa y que únicamente se centran en los costes, “los programas tienen costes elevados”, “la formación tiene costes elevados”, “trabajar en BIM es más caro”, etc. Y podemos distinguir una serie de riesgos, quizás no tan visibles o no tan generalizados pero reales, son estos últimos a los que tenemos que prestar real atención y planificar y gestionar de forma correcta en el proceso de implementación BIM para que este sea exitoso, pues de esta forma la empresa podrá ser consciente de los “costes de implementación” y hacer que sus consecuencias sean menores que los beneficios que aportará. En ese sentido se recomienda que la empresa sea capaz de elaborar un plan estratégico de implementación BIM antes de pasar a la acción, esto hará que tenga un mayor conocimiento sobre el proceso que va a llevar a cabo y que la transición se pueda realizar de forma progresiva y efectiva.

# CAPÍTULO II

# VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE BIM PARA LA PEQUÑA Y MEDIANA EMPRESA.

## 2.1 BIM COMO UNA OPORTUNIDAD PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.

Para poder entender de mejor forma el impacto que las ventajas y desventajas de esta metodología podrían llegar a causar en la pequeña y mediana empresa es necesario saber el escenario en el que se encuentra nuestro país, frente al cambio metodológico que se vine manifestando por implementación del plan BIM 2020 que es uno de los proyectos del programa construye 2025.

La tecnología BIM está cada vez más presente en el sector de la construcción, haciendo que esta tecnología, ofrezca oportunidades de mejora para las pequeñas y medianas empresas donde algunas de ellas se presentaran a continuación.

### NUEVAS OPORTUNIDADES DE TRABAJO.

La implementación de la metodología supondrá una proyección de la empresa y su crecimiento, Los mercados cada vez son más exigentes con la incorporación de las nuevas tecnologías, lo cual hace que las empresas que no se adapten a estas nuevas necesidades, corran el riesgo de desaparecer, mientras que las que las implementan tienen una mayor proyección profesional, en su ámbito de actividad.

### EXIGENCIA DEL BIM POR PARTE DE LOS CLIENTES Y GOBIERNOS.

Los clientes están empezando a exigir o al menos a valorar el uso del BIM en sus obras y proyectos, ya sean clientes privados o administraciones públicas que puede darse por exigencia o simplemente la valoración positiva de su utilización, esto depende del grado de madurez del mercado, así en los Estado Unidos de Norte América se ha empezado a exigir la tecnología BIM[16] desde 2007, En Qatar, Arabia Saudí y Kuwait, la tecnología BIM es un requisito del cliente desde 2013. En junio de 2011, el gobierno de Reino Unido publicó “Building Information Modeling (BIM) Working Party Strategy” donde el gobierno anunciaba su intención de requerir BIM en todos los proyectos de construcción a partir del año 2016.

[16] Fuente: resumen ejecutivo seminario bim cchc 2016

**NUEVAS OPORTUNIDADES DE TRABAJO A TRAVES DE SISTEMAS DE TRABAJO COLABORATIVO.**

Saber gestionar este tipo de formas de trabajar puede ser un plus para los autónomos y freelance[17], abriendo un gran abanico de oportunidades para profesionales, el trabajo colaborativo nos ofrece la posibilidad de un canal de comunicación interno entre los diferentes personajes, de esta manera la interacción entre los distintos agentes queda registrada dentro del proyecto, es decir gestionar el trabajo en equipo y cómo los diferentes participantes pueden trabajar de forma paralela en un mismo proyecto.

**NECESIDAD DE TECNICOS CUALIFICADOS TANTO EN PRODUCCION COMO EN FASES PREVIAS Y POSTERIORES.**

➨ En fase de producción: necesidad de técnicos con conocimiento de la metodología, uso de las nuevas aplicaciones BIM y otras tareas (prefabricación industrializada, impresión 3d, estandarización, etc.)

➨En fases previas: necesidad de conocimientos adicionales (escaneado 3D, termografía, fotogrametría digital, drones, modelización de terrenos y edificios existentes, etc.), desarrollo de productos digitales por parte de los fabricantes.

➨En las fases posteriores, durante la operación y mantenimiento del edificio, donde normalmente pequeñas empresas suelen realizar tareas de conservación y reformas de menor entidad.

**POTENCIACION DE EQUIPOS TECNICOS MULTIDISCIPLINARIOS**.

Mientras que antes el proceso de relación era de tipo árbol (la información pasa de un agente a otra basada en planos CAD y no existía interconexión); trabajar con BIM supone una relación de tipo circular, con una coordinación global y continua de todos los agentes implicados en el proceso, la tecnología BIM permite compartir en tiempo real la información integrando

[17] Autónomos y freelance es un profesional independiente.

personas, procesos y aplicaciones; además, toda la información es generada de forma automática y vinculada a un único modelo de datos. Esto permite la coordinación absoluta entre todos los agentes de cada una de las disciplinas, detectando fallos o errores entre la arquitectura, estructura, las instalaciones y otros servicios.

**FABRICACION DIGITAL**

De camino al futuro parece estar adoptando definitivamente la producción industrializada en Construcción añorada desde hace más de un Siglo, y principalmente motivada por la digitalización de la cadena completa de fabricación los cuales se mostrarán a continuación:

➨Toma de datos (escáner 3D, Termografía, GPS, etc.).

➨Fase de Diseño y Cálculo (CAD/CAM y especialmente BIM)

➨ La prefabricación automatizada o incluso la construcción robotizada in situ (Corte Láser y Plegados de piezas, Impresión 3D a gran escala, etc.).

Ya que hemos analizado las oportunidades de crecimiento de la pequeña y mediana empresa avanzaremos a ver le escenario actual de chile para entender un poco mejor los beneficios y las desventajas que este podría traer.

## 2.2 BENEFICIOS ECONÓMICOS Y DE PROYECTO SEGÚN USUARIO

Según la encuesta BIM 2016 la reducción de errores en los documentos y la mejora de calidad del proyecto final son los principales beneficios percibidos por los usuarios, pero también hay beneficios del punto de vista económico y a nivel de proyecto que pasaremos analizar en los siguientes gráficos.

**Beneficios económicos**

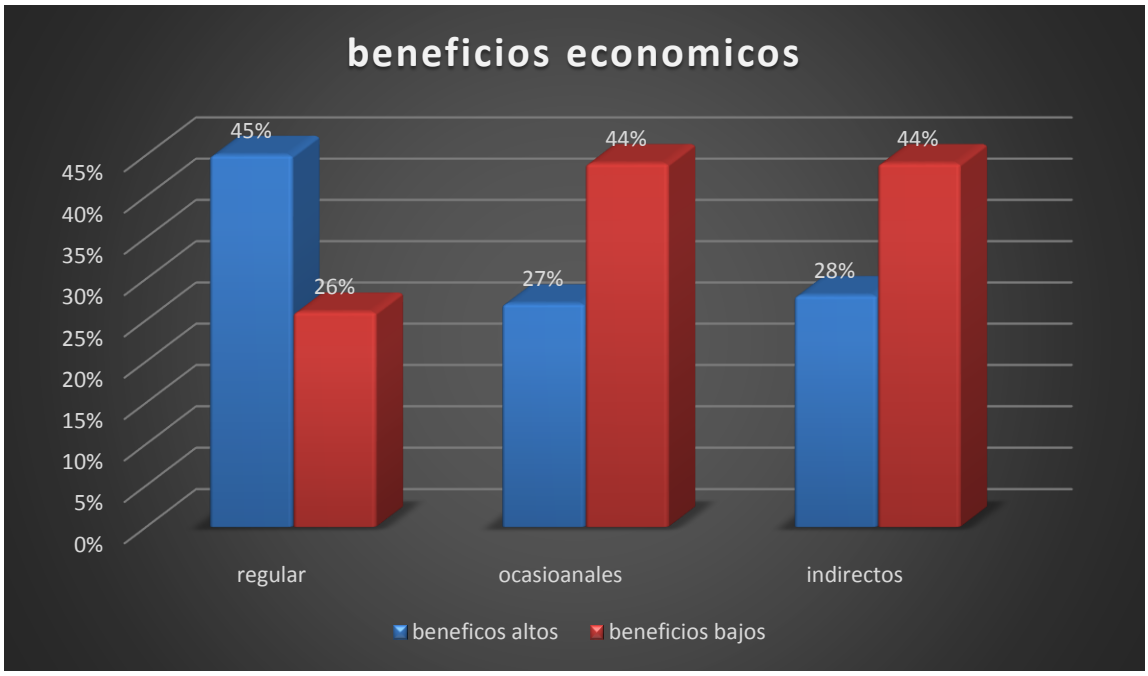



Gráfico 2-1 beneficios económicos.

Fuente: encuesta nacional bim 2016. elaboración propia.

Los beneficios económicos sobre aumento de honorarios y margen de ganancia son percibidos principalmente por usuarios regulares con un 45% altos, mientras que usuarios ocasionales e indirectos muestran niveles inferiores de 27% y 28% respectivamente dejando a la vista que los beneficios bajos son mayores para usuarios con poco nivel de expertiz los cuales podrían mejorar interiorizándose más en el software.

**Beneficios de proyecto**

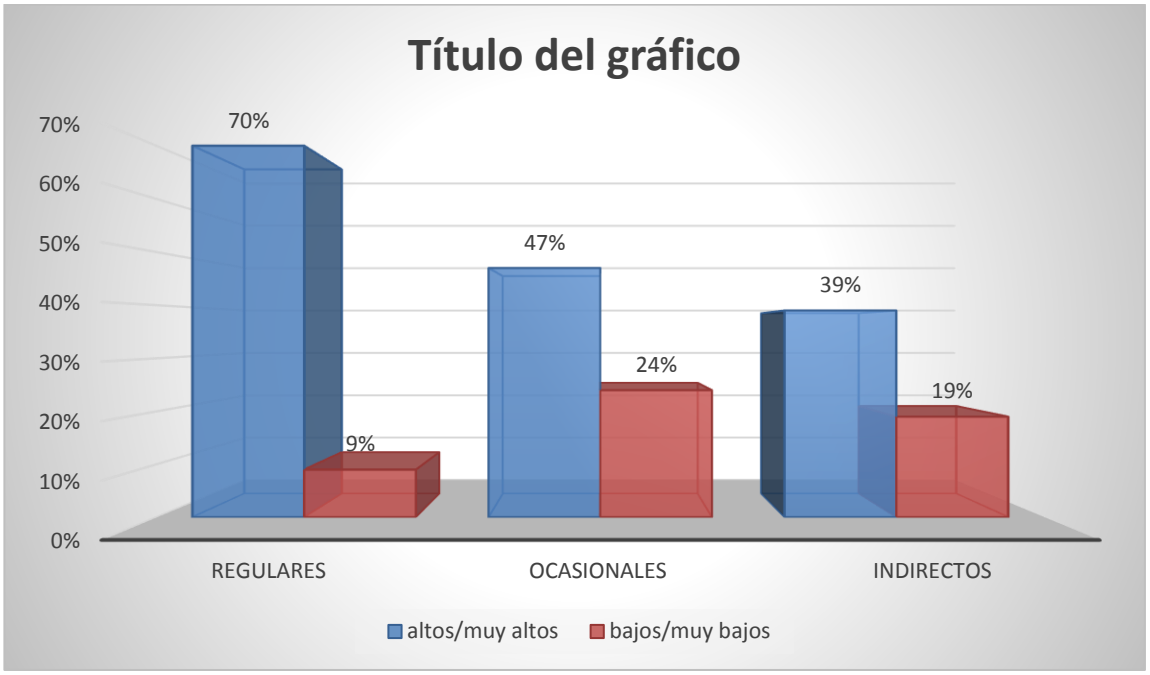



Grafico2-2 beneficios proyecto.

Fuente: encuesta bim2016. elaboración propia.

Del grafico anterior se pude obtener que los beneficios de proyecto tales como reducción del tiempo de desarrollo y construcción, o reducción de conflictos en obra, aumenta con el nivel de uso de la herramienta, dando como resultado que los usuarios regulares obtienen beneficios de un 70%, los ocasionales un 47% y los indirectos un 39% de lo cual se puede deducir que la planificación se ve beneficiada en todos los usuarios sin contemplar su nivel de expertiz.

### 2.2.1 Nivel De Satisfacción

A continuación, se mostrará los niveles de satisfacción obtenidos de la encuesta nacional BIM 2016.

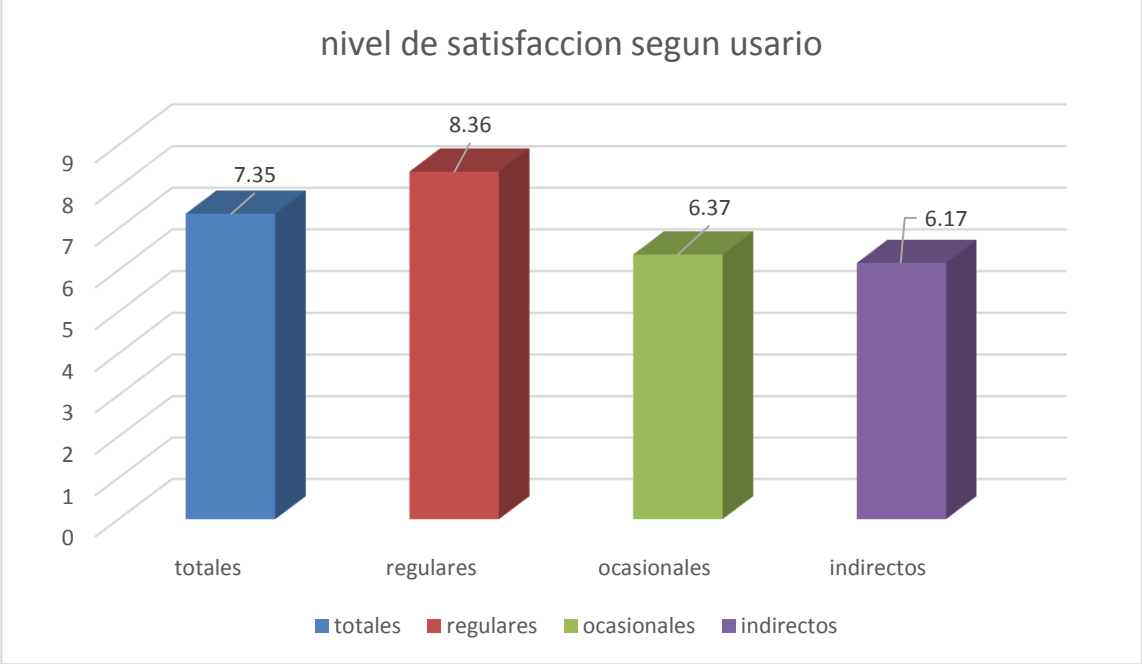



Grafico2-3 nivel de satisfacción usuario.

Fuente: encuesta bim2016 elaboración propia.

El nivel general de satisfacción con el uso de BIM en una escala de 1 a 10 es de 7.35, pero se evidencia una fuerte diferencia entre usuarios regulares 8.36 y usuarios ocasionales e indirectos, con calificaciones de 6.37 y 6.17 respectivamente lo que nos lleva a un claro patrón que la satisfacción y los beneficios varían según el nivel de expertiz.

**Nivel de satisfacción por disciplina**

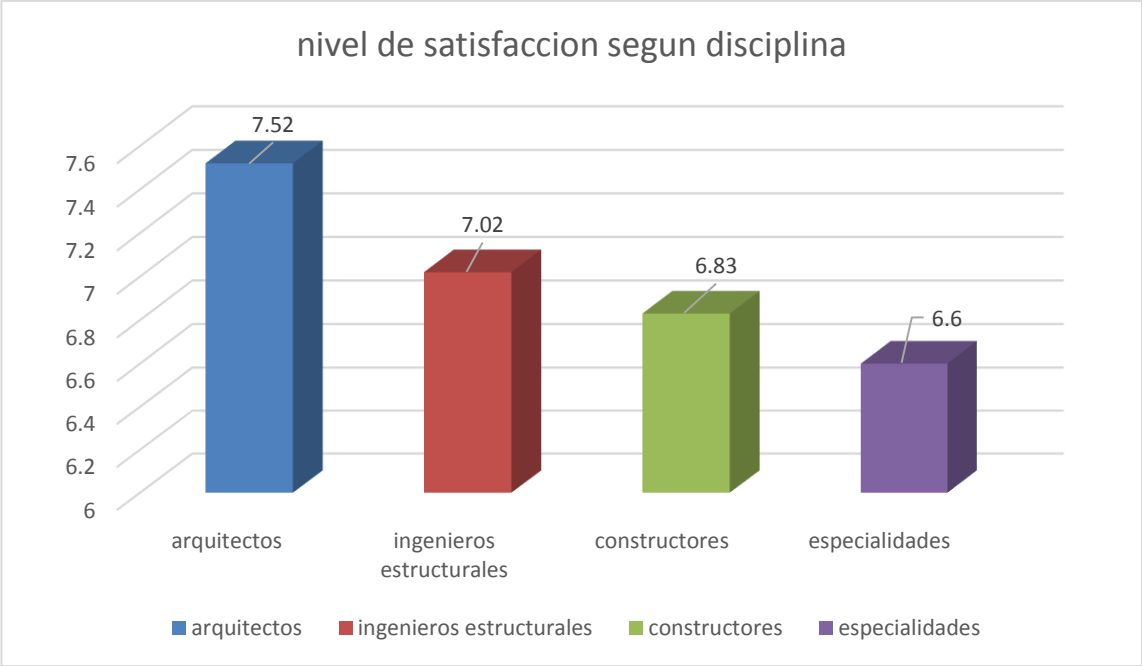



Grafico2-4 beneficios según disciplina.

Fuente: encuesta bim2016. elaboración propia.

Entre disciplinas evaluadas de 1 a10 se destaca los arquitectos con nota de 7.52 seguido de los ingenieros estructurales con 7.02 y los constructores y especialidades con notas más bajas de 6.83 y 6.6 respectivamente donde estos últimos resultados concuerdan con el nivel de uso asociado al software debido a que estas disciplinas son las que se declaran como con menor uso de la herramienta por lo que se puede concluir que todo apunta a la expertiz que se tenga en el uso de software.

**Beneficios de BIM según usuario regular**

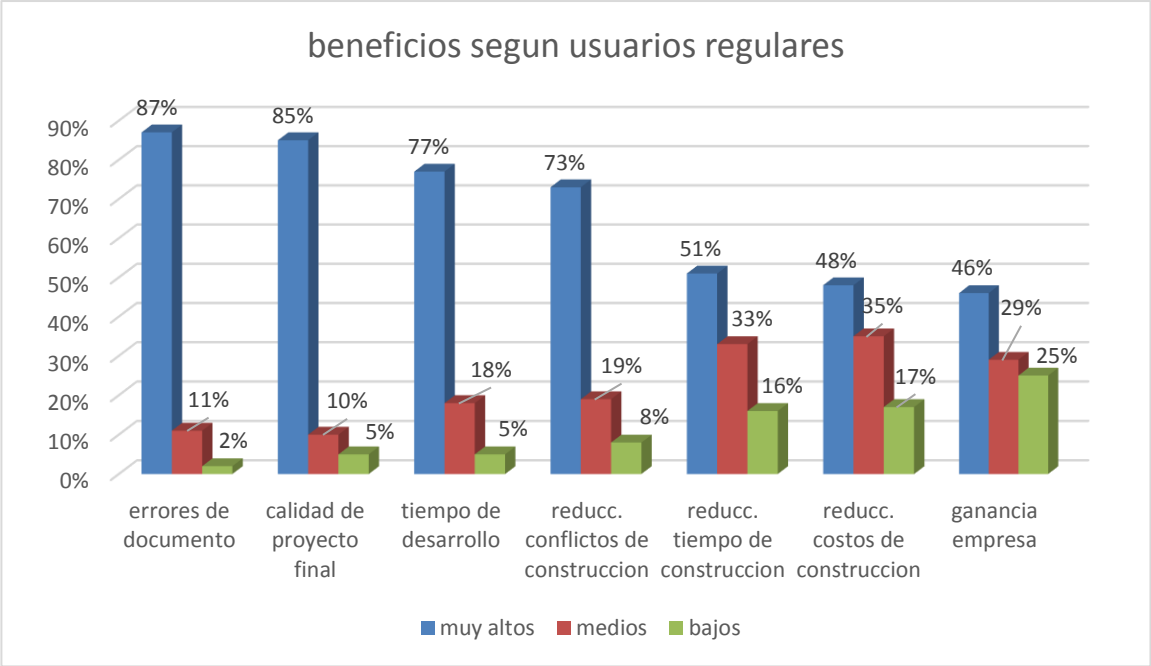



Grafico2-5 beneficios según usuarios regular.

Fuente: encuesta bim2016. elaboración propia.

Según los resultados obtenidos los porcentajes de las principales actividades tienen beneficios muy altos teniendo un 87% en detección oportuna de errores de documento, 85% en la mejora de la calidad de proyecto al final de este, 77% en tiempo de desarrollo, 73% reducción de interferencias, 51% en tiempo de construcción, 48% en reducción de costos de construcción, y un aumento del 46% en aumento de la ganancia de empresa, lo que nos lleva a concluir que se mejora la calidad del producto, aumenta la seguridad de cumplir con los plazos y reduce la posibilidad de multas por no cumplimiento aumentado así las ganancias de los profesionales involucrados.

### 2.2.2 VENTAJAS DE LA METODOLOGIA BIM EN GENERAL.

A continuación, se mencionarán algunas de las ventajas que trae consigo la herramienta BIM en su correcto uso.

➨Diseño interactivo, es posible visualizar el modelo en 3D y simularlo también en 4D, lo que facilita la interpretación del proyecto.0

➨Diseño colaborativo, es posible lograr que todos los integrantes del proyecto participen y colaboren activamente en el desarrollo del proyecto, en sus distintas etapas (Diseño – Ejecución).

➨Detección automatizada de interferencias, es posible detectar interferencias entre los mismos proyectos arquitectónicos, así como cálculo o especialidades.

➨Obtención de información y documentación coordinada, es posible obtener información a partir del modelo y definir, por ejemplo, las terminaciones.

➨Posibilidades de análisis de la información recopilada, si eventualmente se produjeran cambios o eventos no esperables, es posible reevaluar el proyecto sin mayores inconvenientes de tiempo.

➨Aumento en la productividad, este índice se produce a partir de la entrega de información y mayores detalles de diseño, generando menos requerimientos de información en obra.

### 2.2.3 limitación en el modelado de información.

Todas las herramientas de modelado presentan dificultades y BIM no es la excepción, como cualquier herramienta de modelado presenta algunas limitaciones que pueden dificultar la claridad de algunas características de un objeto en particular, a los arquitectos le preocupa inicialmente las limitaciones de tipo formal como por ejemplo la duplicidad de un elemento entre disciplinas lo cual se generaría por introducir la misma información en dos disciplinas diferentes en distinto tiempo como sería el caso de artefactos de luminaria en los planos de arquitectura que se generan al principio versus el encuentro con la información de los planos de especialidad eléctrica en un periodo más avanzado de la etapa de diseño, donde el software podría duplicar este artefacto afectados los análisis de precios unitarios, la solución a esto es dejar definido el modelo arquitectónico con el estilo de representación y los metadatos necesarios para el adjuntado de estos dos modelados de información obtenido así una unión entre ambas especialidades.

Las herramientas CAD también tienen dificultades en este aspecto, sobre todo en el campo de la representación tridimensional, donde es bastante incompetente, independiente del software escogido, la decisión de la utilización de una herramienta pasará por las capacidades que tenga dicho software, donde lo aconsejable seria adaptar el diseño a las posibilidades de la herramienta, dicho en otras palabras llevar el diseño hasta donde la herramienta lo permita y así poder tener un control real del proyecto.

### 2.2.4 LIMITACIONES EN LAS CAPACIDADES DE VISUALIZACIÓN.

Para la aplicación BIM, la visualización del modelo es un medio de comunicación donde la representación de las ideas del proyecto es mucho más clara que las de herramientas CAD donde primero se representa el modelo y después intentar construir algo que no se ha podido simular antes, debido a esto se hace muy difícil de aceptar y cambiar por motivos culturales.

Lo que se busca es simular y representar un proyecto, pero para esto es necesario utilizar las visualizaciones adecuadas para explicar el proyecto las cuales pueden ser muchas, y no limitarse a unas pocas muy trabajadas debido a que esta es la manera de trabajar en CAD, pero no la del BIM. Hay que recordar que lo más importante es la información que se tiene y cómo está almacenada, a continuación, se mostrara un gráfico del uso de tecnología en sistema tradicional.

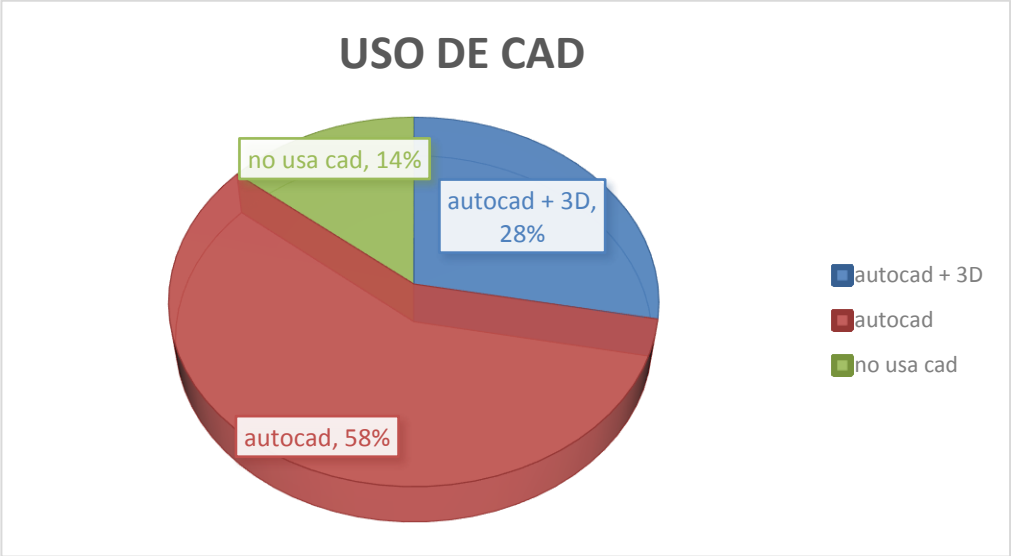



Grafico2-6 Uso de CAD.

Fuente: encuesta bim2016 elaboración propia.

Del grafico anterior se pude obtener que la mayoría de los no usuarios 58% utiliza AutoCAD® de forma aislada, y un 28% lo hace en conjunto con otro software 3D ejemplo: SketchUp®, esto nos da una clara señal de que el porcentaje de usuario acostumbraos a representar y construir es muy elevado siendo unos de los focos que necesitan formación.

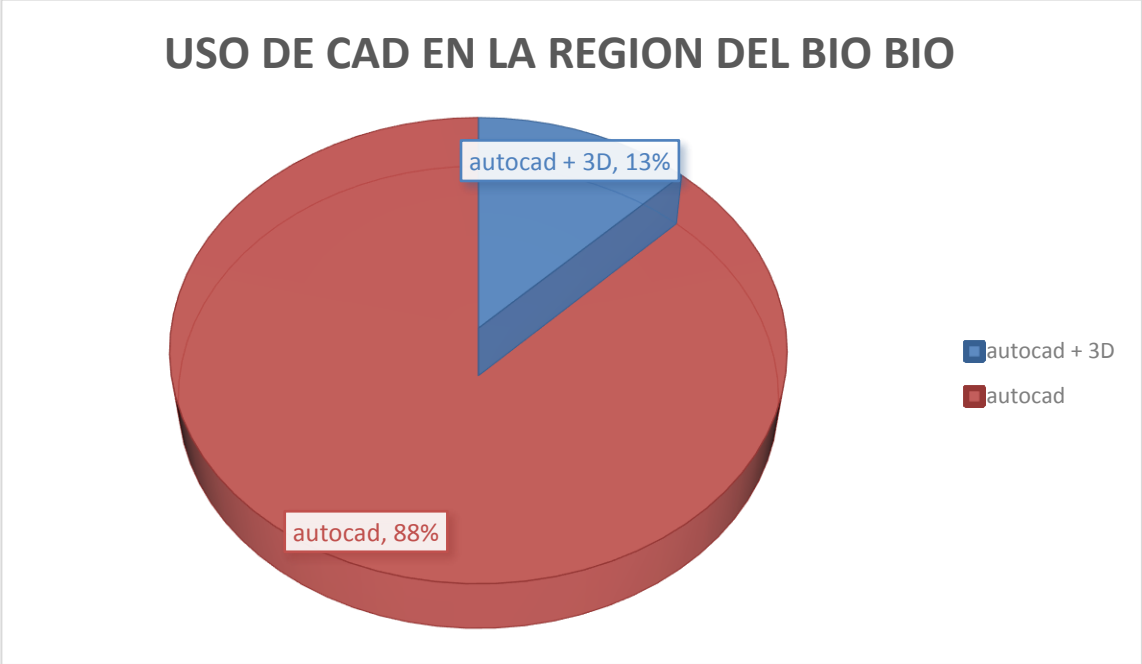



Gráfico 2-7 uso de CAD en la región del bio bio.

Fuente elaboración propia.

Según las pequeñas y medianas empresas entrevistadas el 88% que corresponden a 7 personas es usuario regular de AutoCAD ya sea solo para imprimir planos o hacer trabajos más elaborados, un 13% correspondiente a 1 persona se declara usaría de AutoCAD más una herramienta 3D que en este caso vendría siendo el software sketchup y la utilizaría para dar forma a terminaciones como escaleras y algunos muebles para vivienda.

### 2.2.5 Razones de no usuarios que conocen la tecnología.

Para interiorizar las desventajas del sistema BIM y poder entender el porqué de los actuales paradigmas se presentará un gráfico donde se muestran las principales razones para no usar la herramienta estos datos provienen de una selección múltiple de preguntas y respuestas y en su totalidad no suman 100%.

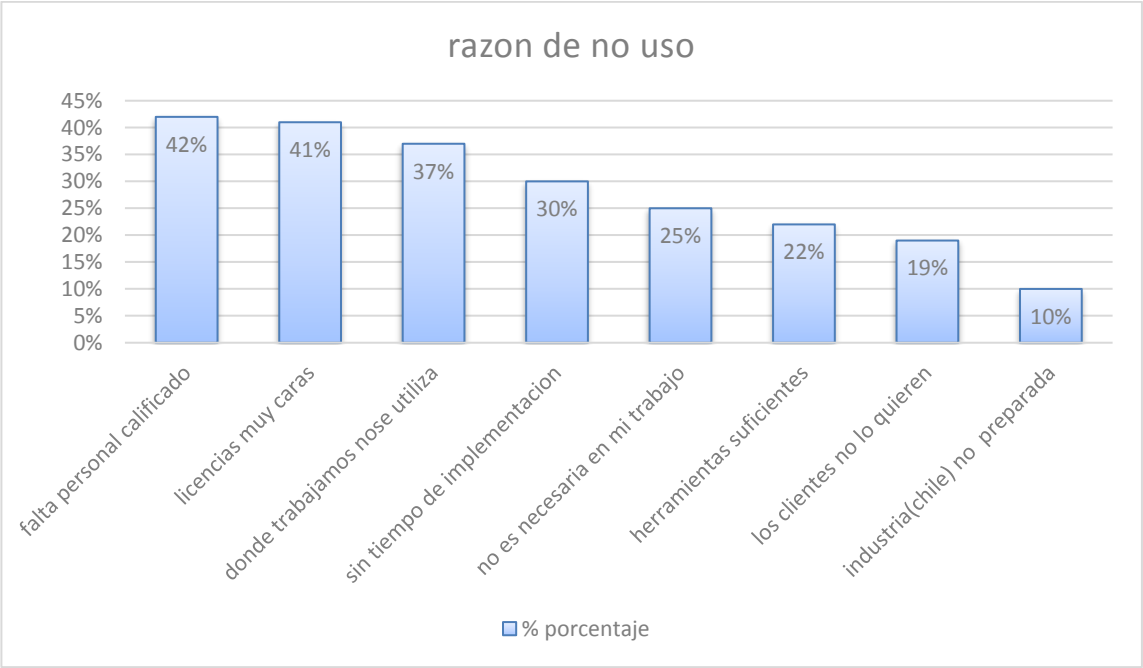



Grafico2-8 razón de no uso

Fuente: encuesta bim2016 elaboración propia.

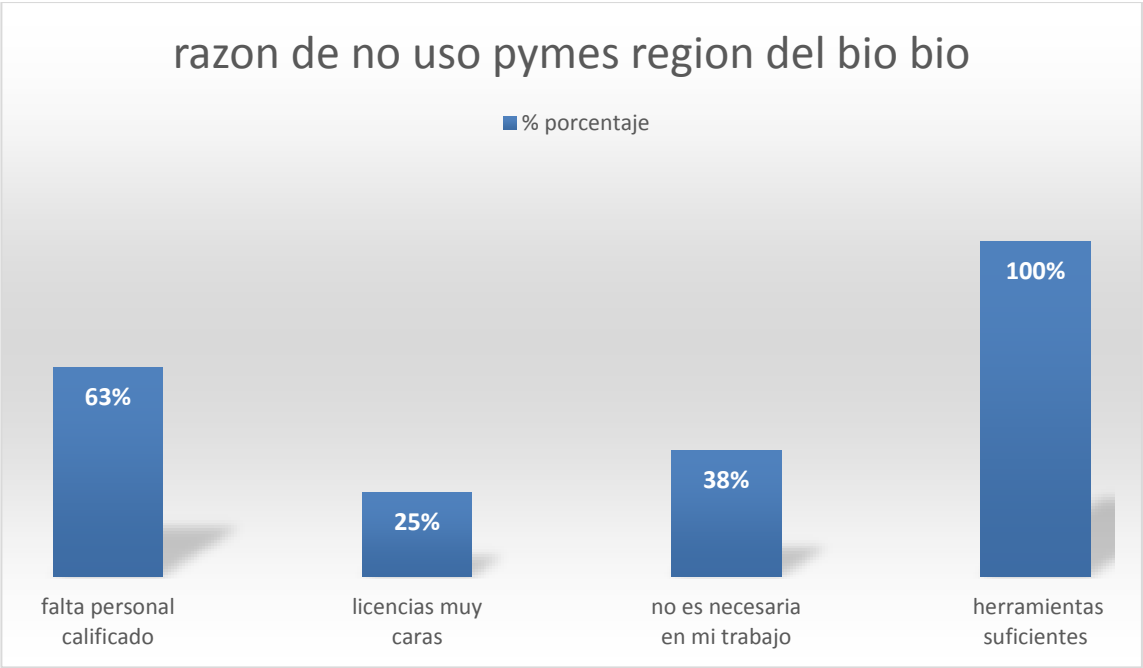



Grafico2-8* razón de no uso

Fuente: elaboración propia

Los resultados en la región del bio bio de este ítem que se realizó con selección múltiple donde el 100% de los encuestados respondieron que tienen las herramientas suficientes un 38% declara no ser necesario en su trabajo este porcentaje corresponde a 3 personas las cuales pertenecen ala pequeña empresa, un 25% declaró que las licencias eran muy caras que corresponden a 2 personas y un 63% declara que falta personal calificado que correspondería a 5 personas de las entrevistadas.

Si bien es cierto que los resultados son un poco distintos esto es debido a la escala en la que se miden las encuestas siendo una a nivel nacional, pero si podemos rescatar que los usuario manifiestan una tendencia a las mismas razones de no uso lo cual corrobora la encuesta nacional BIM 2016 que es la que tiene validez para esta investigación.

## 2.3 RIESGOS EN LA IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.

La implementación del BIM en las empresas afecta a tres aspectos principales las herramientas, metodologías y personas. Entendemos por herramientas todos aquellos equipamientos de software y hardware, incluyendo equipos informáticos, dispositivos móviles, etc. Por metodologías a la interacción entre estas herramientas y las personas que van a usarlas, dicho de otro modo, el método de uso de las herramientas. Y por supuesto, las personas porque son las que van a utilizar estas herramientas y metodologías, y es donde se van a producir los posibles rechazos debido a que es una tecnología sociotécnica.

La naturaleza de las pequeñas y medianas empresas tiene mayor diversidad si se[18] compara con las grandes empresas de la construcción, no es sólo su estructura interna si no también su modelo de negocio lo que implica que dentro del concepto "pequeña y mediana empresa" existan numerosas casuísticas[19]. En consecuencia, la productividad de la implementación BIM variará entre las distintas pequeñas y medianas empresas y los riesgos identificados en relación con la misma serán también distintos.

Además, es necesario considerar que los usos del BIM dentro de las empresas pueden ser múltiples y con ello la finalidad de los modelos, desde diseño de proyectos, análisis de ingeniería, elaboración de presupuestos, despieces de cantidades, planificación de tiempos, programación y análisis de emplazamiento, revisión, certificación, estandarización, documentación, coordinación, planificación 3D, hasta planes de reconstrucción y gestión de operativa y mantenimiento entre muchos otros. Cada uno de estos usos puede conllevar una serie de riesgos específicos que deben ser gestionados de forma distinta.

[18] Fuente resumen ejecutivo seminario BIM cchc
[19] Casuísticas: usar la razón para resolver problemas.

### 2.3.1 Necesidad De Formación

Debido a que la mayor parte de los arquitectos están acostumbrados a utilizar las herramientas a partir de una formación autodidacta e insuficiente es necesario la capacitación de las nuevas tecnologías que por un lado consumirá recursos, pero por otro, resultará tremendamente beneficioso, tanto del punto de vista laboral como personal, para aclarar más este punto se mostrará un gráfico con la proyección de crecimiento del software dentro de 12 meses.

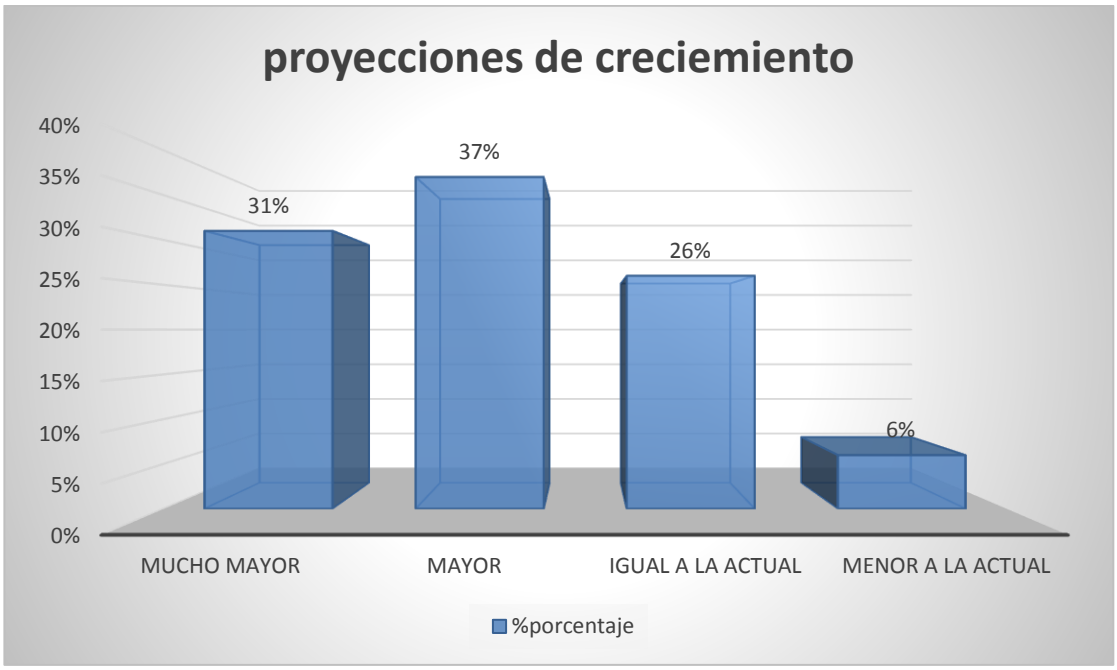



Grafico2-9 proyección de crecimiento.

Fuente: encuesta bim2016 elaboración propia.

Del presente grafico se puedo obtener que un 68% del total espera que el uso del software sea mayor o mucho mayor, lo cual nos lleva a que el 58% de usuarios CAD serían posibles agentes de actualización en su formación del cómo gestionar un proyecto ayudando a la masificación y actualización de la tecnología.

## 2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN UNA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA RESPECTO A PLAN BIM 2020.

**Ventajas.**

➨ Las pequeñas empresas son más adaptables y pueden reaccionar mucho más rápidamente que las grandes empresas.

➨ Su menor infraestructura exige una menor inversión económica.

➨ Suele haber menor oposición al cambio.

➨Se produce un aumento de productividad debido a la información estructurada y estandarizada.

➨ Mayor facilidad para entender las intenciones del diseño.

➨ Surgen nuevas oportunidades de colaboración

➨ Mejora de la imagen corporativa de la empresa.

**Desventajas.**

➨ Por el contrario, las pequeñas empresas tienen una mayor dependencia de las herramientas comerciales de software siendo más difícil que puedan desarrollar sus propios programas.

➨ Las necesidades de formación son más complejas y es más difícil disponer del tiempo para el aprendizaje sin que se vea perjudicada la productividad de la empresa.

➨ Sobre todo, al principio, será más complicado encontrar los colaboradores necesarios para obtener el rendimiento óptimo de la inversión.

➨ Todo cambio genera un temor y este será un cambio profundo. Miedo a equivocarse, a que la inversión sea ruinosa, al sobreesfuerzo etc.

➨ La capacidad de inversión de las pequeñas empresas es más reducida, y por ello es más difícil prever las inversión.

## 2.4 ANALISIS FODA SOBRE LA IMPLEMENTACION BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.

A continuación, se presentará un análisis FODA donde se puede entender mejor las fortalezas y oportunidad como también las debilidades y amenaza que genera esta metodología socio técnica en las pequeñas y medianas empresas de cara al programa construye 2025 y al correspondiente plan BIM 2020.

### ANALISIS FODA DE FORTALEZAS Y OPORTUNIDADES.

| FORTALEZAS | OPORTUNIDADES |
|---|---|
| ➨Las pequeñas empresas tienen menores costes de implantación al necesitar menos equipos, licencias etc.<br>➨ Existe una menor oposición al cambio.<br>➨ La utilización de menos programas exige una menor necesidad de interoperabilidad.<br>➨Mayor facilidad para colaborar entre los miembros de la empresa.<br>➨Mayor facilidad para adoptar el BIM en pequeños proyectos con menores requerimientos<br>➨Aumento de productividad gracias a una información estructurada y estandarizada<br>➨ Mejor comprensión de las intenciones del diseño.<br>➨Mayor precisión y mejores planificaciones de proyecto | ➨Nuevas oportunidades de trabajo colaborando en grandes proyectos.<br>➨ Pronto todo tipo de clientes van a exigir el BIM<br>➨ La Fabricación Digital necesita técnicos muy cualificados en cadenas de producción<br>➨Fases previas con necesidad de técnicos cualificados<br>➨ Potenciación de equipos técnicos multidisciplinares<br>➨La implantación de la metodología supondrá una proyección de la empresa y su crecimiento<br>➨ Implantar una nueva gestión en la empresa, potenciando la programación y control tanto de ejecución como de costes.<br>➨ aumento de plusvalía de pequeña y mediana empresa. |

| | |
|---|---|
| ➨Las pequeñas empresas pueden reaccionar más rápidamente y son relativamente más sensibles al cambio<br>➨Si el constructor utiliza BIM, mayor facilidad para entender cómo se construye.<br>➨Mayor conocimiento generalizado de todos los procesos constructivos desde diseño a fin de obra<br>➨La documentación final de obra será mucho más ajustada a la realidad generando.<br>➨Responsabilidades más claras<br>➨Velocidad<br>➨eficacia.<br>➨Control del proyecto a lo largo del ciclo del vida del proyecto<br>➨Toda la documentación es generada de forma automática y vinculada a un único modelo de datos | |

**ANALISIS FODA DE DEBILIDADES Y AMENAZAS.**

| DEBILIDADES | AMENAZAS |
|---|---|
| ➨Mayor dependencia de las herramientas de software ya que no son capaces de desarrollar su propias apps.<br>➨ La metodología BIM debe ser adoptada por todos sus miembros que están obligados a aprender sobre el BIM<br>➨Necesidad de aprender herramientas de mayor complejidad. Implica más tiempo de formación y más costo.<br>➨necesidad de contratación de técnicos que entiendan la nueva metodología o formar a los que estén en plantilla, con el coste que supone.<br>➨Falta de colaboradores (cálculo de estructuras, instalaciones, etc.) que trabajen en BIM.<br>➨Para la pequeña empresa constructora, hoy en día no reciben los modelos en BIM, lo que supone un coste añadido a sus procesos de trabajo si quieren empezar a trabajar en BIM ahora.<br>➨Cambio de forma de pensar sobre el pago de Software. Necesidad de inversión económica en HW/SW.<br>➨Falta de ayudas oficiales.<br>➨Temor a la complejidad del BIM, sentirse no preparado para ello, temor a que arruine su modelo de negocio. | ➨Competencia elevada<br>➨Sometimiento a las voluntades de las casas de software<br>➨La mayoría de pequeños clientes no están dispuestos a pagar un sobre coste por el uso del BIM<br>➨Las grandes empresas de software se centran más en grandes proyectos de forma que el potencial del BIM aún es desconocido para los propietarios y promotores residenciales<br>➨Existe la creencia de que una menor escala equivales a menores problemas, y que es más rentable en grandes proyectos<br>➨Desconocimiento de la importancia de una implementación, no es suficiente con aprender una "herramienta"<br>➨Capacidad de inversión de la empresa pequeña, muy dependiente de los proyectos actuales y por tanto con mayor dificultad para prever inversiones en el tiempo<br>➨Mayor facilidad de adaptación/inversión en BIM para grandes empresas y multinacionales |

# CAPÍTULO III

# PROPUSESTA DE IMPLEMENTACION BIM PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANDA EMRPESA.

## 3.1 TIPOS DE ESTRUCTURAS ORGANIZACIONALES MÁS USADAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

Para poder comprender de mejor manera la implementación de la metodología BIM en la pequeña y mediana empresa es necesario repasar algunas de las estructuras organizacionales[20] comúnmente usadas en construcción las cuales son:

A. Estructura de gestión a través de secuencia tradicional Diseño-Licitación-Construcción (Traditional Design-Bid-Build) o (DBB).

B. Estructura de gestión a través de agencia de construcción (Pure or Agency Construction Management) o (PCM).

C. Estructura de gestión con riesgo para la administración o a suma alzada (Construction Management at Risk) (CMR).

D. Estructura gestión Diseño-Construcción o administración delegada (Design-Build) (DB).

E. Estructura de gestión por "llave en mano" (Engineering Procurement Construction) (EPC).

A continuación, se describe brevemente cada una de las organizaciones

[20] Fuente: matriz de madurez BIM succar 2009.

## A. Estructura De Gestión Tradicional Diseño-Licitación-Construcción (Traditional Design-Bid-Build) O (Dbb).

En la gestión de secuencia tradicional Diseño-Licitación-Construcción o (DBB) nos dice que el mandante asume el gerenciamiento integral y contrata separadamente los servicios para la elaboración del proyecto y la construcción propiamente tal. En este formato varios agentes actúan separadamente, y sin ninguna responsabilidad sobre la ejecución en obra, los aspectos de posventa u operación, por lo que el riesgo lo asume exclusivamente del inversionista. El sistema de contratación tradicional se caracteriza, por lo tanto, por tres agentes: mandante, proyectistas y contratistas (Constructor), cuya relación se identifica a continuación:

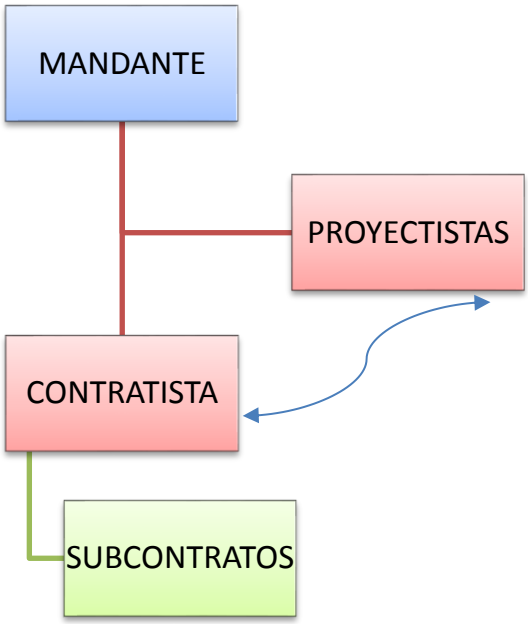



Figura 3-1: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción

Fuente: Elaboración propia. Adaptación Bucker (2010)

**USOS**

El sistema Diseño/Licitación/Construcción es el modelo tradicional de entrega de proyectos especialmente para los proyectos públicos o del estado. El proyecto está separado en una etapa de diseño y otra de construcción por una etapa de licitación que sirve para fiscalizar de manera transparente los procesos de licitación y para seleccionar al mejor postor o empresa contratista que se adjudicara la ejecución del proyecto.

Figura 3-2 etapas método tradicional elaboración propia.
Fuente: potencialidades de sistema BIM

**VENTAJAS DEL DBB:**

Una de las ventajas de los modelos basados en el padrón DBB se debe a que el mandante puede anticipar con mayor precisión los costos y beneficios de la inversión puesto que debe ejecutar y concluir cada una de las etapas antes de pasar a la etapa sucesiva. De este modo, el proyecto comienza con un estudio de viabilidad, luego por la evaluación de costo para establecer la inversión inicial, posteriormente se realiza un proyecto básico y finalmente una presentación más ejecutiva. Sin bien se trata de etapas que demandan tiempo para el análisis, son necesarias para una mejor planificación del emprendimiento.

Otra ventaja de esta estructura es que el mandante tiene una relación contractual directa con cada uno de los proyectistas, con la Constructora y los proveedores de

servicios, posibilitando controlar íntegramente los procesos del proyecto, permitiendo asegurar que el proyecto cumpla con los objetivos propuestos.

**DESVENTAJAS DEL DBB:**

La principal desventaja de este modelo es que la separación de las fases del proyecto y construcción resulta en plazos mayores para desarrollarlo, como también está el problema de la fragmentación de las obligaciones entre los diversos agentes, dificultando la determinación de las responsabilidades. Por este motivo el gestor inmobiliario debe procurar acotar bien cada una de las responsabilidades con el fin de evitar se produzcan conflictos futuros entre las partes involucradas.

**B. Estructura de gestión a través de agencia de construcción (pure or agency construction management) o (pcm).**

Esta es una estructura de organización donde el Mandante delega responsabilidades distintas a los proyectistas y la Constructora, donde se selecciona y contrata a una empresa de gerenciamiento y empresas proyectistas para desarrollar el proyecto, siendo la empresa de gerenciamiento finalmente la responsable de realizar las gestiones para la contratación y posterior ejecución. Este método es más usado cuando existen grandes incertidumbres durante la etapa de ejecución. La empresa de gerenciamiento se encarga de contratar a los provisores, las cuales se realizan al nombre del Mandante. Evidentemente se delega este tipo de responsabilidad siempre y cuando exista suficiente confianza entre el inversionista y el gestor. La empresa gestora tiene por tanto la atribución de gestionar los eventuales conflictos que se produzcan durante la ejecución.

A continuación, se mostrará un organigrama organizacional de esta estructura.

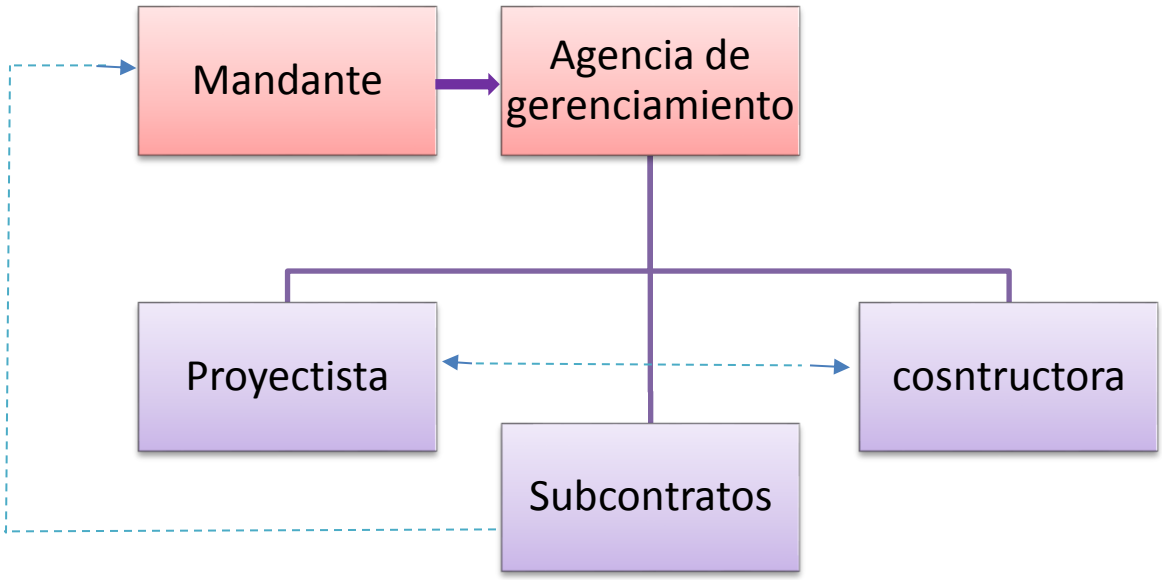



Figura 3-3: Estructura tradicional Diseño-Licitación-Construcción

Fuente: Elaboración propia. Adaptación succar 2009

**Uso**

Este modelo contrasta al modelo tradicional debido a que los aspectos de diseño y construcción son contratados a una única entidad quien se adjudicara el diseño como también la etapa de construcción. Este sistema es usado para minimizar los riesgos para el cliente y reducir el tiempo de entrega del proyecto al combinar las etapas de diseño y construcción, se emplea por lo general en proyectos privados de gran envergadura, así como también asume la responsabilidad de todos los trabajos en el proyecto, eliminando la parte intermedia de licitación entre las fases del diseño y la construcción. De esta manera se ahorra un tiempo importante del proyecto y consecuentemente disminuye el costo de este.

**VENTAJAS:**

La gestora no corre el riesgo financiero puesto que los contratos se celebran a nombre del mandante, sin embargo, esto no quiere decir que no se encargue de velar en la búsqueda de las ofertas que se ajusten mejor a los requerimientos técnicos, económicos y de tiempo. Se produce por tanto un mayor riesgo para el mandante quien debe asumir los eventuales costos que no estaban contemplados. La gestora externa posee la atribución de contratar de forma directa o indirecta los proveedores, al igual que la modalidad DBB, produciéndose una fragmentación de las obligaciones entre los diversos agentes, ocasionando mayor dificultad en la determinación de responsabilidades, la que en este caso es asumida por la empresa de gerenciamiento. Cabe destacar también que la comunicación de los subcontratos o proveedores con el mandante es interrumpida por el encargado de planificar y coordinar, siendo en este formato la gestora.

### C. Estructura de gestión con riesgo para la administración o a suma alzada (Construction Management at Risk) (CMR).

En este tipo de modalidad la empresa gestora asume la responsabilidad de los costos que pudieran existir, garantizando, de esta forma, un precio fijo para el Mandante, estableciéndose un precio máximo para la conclusión del proyecto. Bajo este formato el Mandante disminuye el riesgo dado que se establece un precio para la elaboración y/o ejecución de lo acordado. En este sistema la empresa de gerenciamiento es responsable por el término y entrega del proyecto con un costo menor o igual al precio máximo contratado. Por esto, la empresa gestora buscará que los resultados se acerquen más bien al óptimo financiero, más que evitar se produzca menos conflictos para la ejecución.

A continuación, se mostrará un organigrama organizacional de esta estructura.

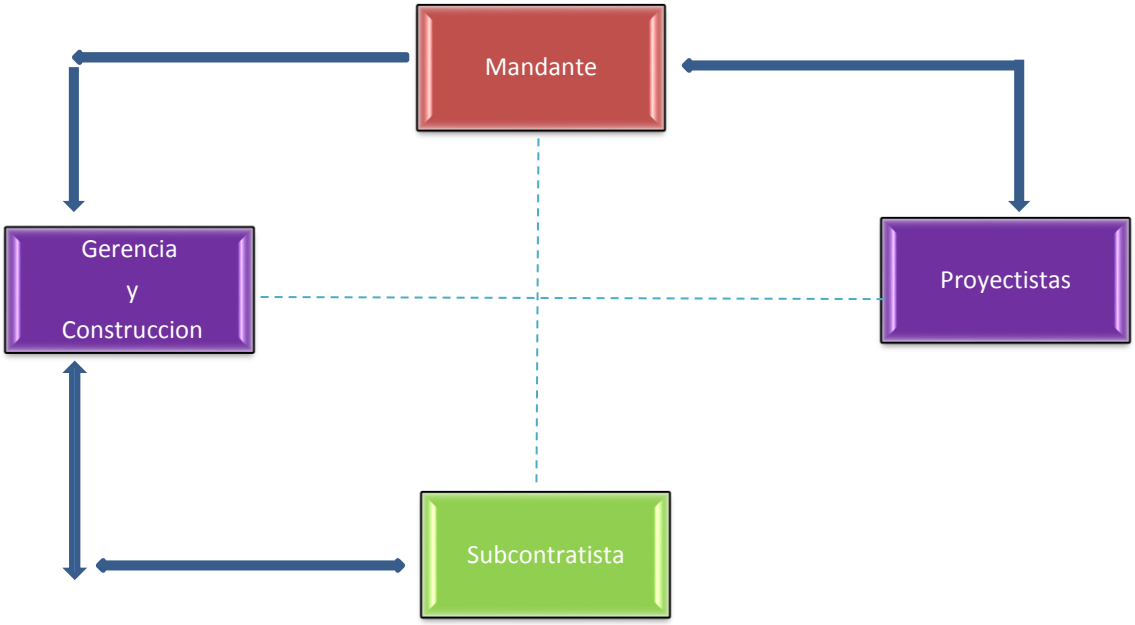



Figura 3-4: Estructura suma alzada.

Fuente: Elaboración propia. Adaptación succar 2009.

**D. Estructura de gestión Diseño-Construcción o administración delegada (Design-Build) (DB).**

En la estructura de gestión Diseño-Construcción o Design-Build, el mandante define el anteproyecto y contrata todas las demás etapas hasta el término de la construcción, cuya ejecución es realizada por sólo una empresa Constructora, siempre y cuando la situación

así se presente. La empresa contratista está obligada a realizar el proyecto y debe contar con un equipo profesional adecuado para las exigencias del proyecto. En general el criterio de pago es por un precio global garantizado, dado que el contratista ha realizado el estudio y presentado los valores conforme los antecedentes proporcionados por el Mandante.

La ventaja de esta modalidad es que el mandante traspasa la responsabilidad de ejecución al contratista, descartando se produzcan problemas asociados a interpretación de antecedentes proporcionados para su evaluación. El mandante tiene la necesidad de garantizar la calidad del producto ejecutado por el contratista, para ello, debe contar con personal profesional calificado para la supervisión de las actividades que desarrolla el contratista, cuya figura es representada por la Inspección Técnica de Obra (ITO).

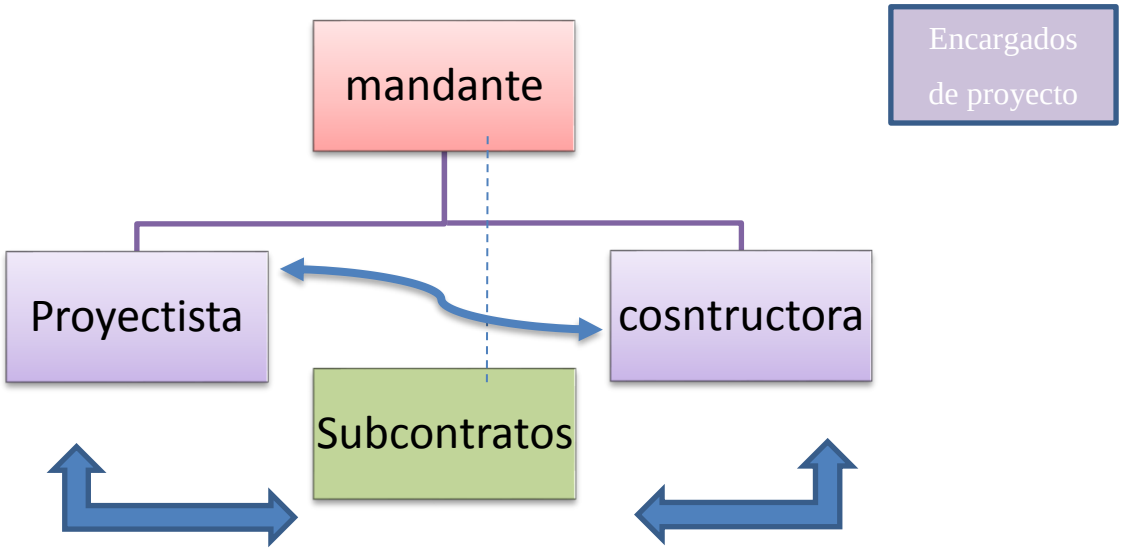



Figura 3-5: Estructura administración delegada.

Fuente: Elaboración propia. Adaptación Succar 2009.

En resumen, este sistema es usado para minimizar los riesgos para el cliente y reducir el tiempo de entrega del proyecto al combinar las etapas de diseño y construcción, se emplea por lo general en proyectos privados de gran envergadura, así como también

asume la responsabilidad de todos los trabajos en el proyecto, eliminando la parte intermedia de licitación entre las fases del diseño y la construcción. De esta manera se ahorra un tiempo importante del proyecto y consecuentemente disminuye el costo de este.

Figura 3-6 etapas método diseño construcción.
Fuente: potencialidades de sistema BIM

**E. Estructura de gestión por "llave en mano" (Engineering Procurement Construction) (EPC).**

La modalidad EPC conocida también como "llave en mano" es similar a la modalidad DB, en que el mandante traspasa la responsabilidad de la ejecución al contratista, siendo la variable tiempo determinante, dado que el proyecto debe comenzar en fechas previamente establecidas. Al igual que la modalidad DB, los costos son previamente fijados de manera que no se produzcan conflictos que repercutan en la entrega a tiempo.

**F. Estructura de gestión en Operaciones de construcción transferida o concesiones (Build-Operate-Transfer) (BOT).**

La modalidad Construcción-Operación-Transferencia o BOT defiere de la anterior porque el contratista es quien aporta los recursos financieros y tecnológicos para la

ejecución del proyecto en particular, cuyas formas de pago son acordadas contractualmente. Este tipo de modalidad se utiliza generalmente en proyectos de obras públicas.

Después de analizar las diferentes estructuras organizacionales se puede concluir que los subcontratos generalmente realizados por pymes de construcción son muy importantes debido a que no importa la estructura que se ocupe estos siempre están presentes, obedeciendo con lo propuesto por la escalabilidad de BIM como metodología donde todas las piezas del método son fundamentales para un correcto flujo de información. Muchas veces las pequeñas y medianas empresas son contratados directamente por el mandante y otras veces mantienen relación con una empresa de gerenciamiento, para efectos de esta investigación se planteará una implementación que se podrá modificar según las necesidades que considere la empresa bajo los puntos de vista económicos y técnicos según el tipo de labor que acostumbran a hacer

## 3.2 ESCALABILIDAD DE BIM COMO METODOLOGÌA

La escalabilidad[21] es un término usado en tecnología para referirse a la propiedad de aumentar la capacidad de trabajo o de tamaño de un sistema sin comprometer el funcionamiento y calidad normales del mismo. Para entender de mejor manera la escalabilidad de BIM aplicado a las pymes primero debemos saber que esta metodología busca hacer la información del proyecto coordinada, coherente, computable y continua, Mientras que el programa de CAD utiliza sólo geometría en 2D o 3D sin diferenciar los elementos, el programa BIM utiliza bibliotecas de objetos Inteligentes y Paramétricos interpretando las interacciones lógicas entre los diferentes tipos de objetos y almacena la información referente a estos objeto se suele confundir modelos 3D (maquetas electrónicas) con un modelo de información BIM, además de ser un modelo en tres dimensiones (información gráfica) se le puede incorporar información relevante del

[21] Fuente: tercera conferencia tecnológica corporación de desarrollo tecnológico (conceptos generales vivian cardet) 2010 cchc

proyecto como datos cuantitativos (cubicaciones especificaciones técnicas, Líneas de tiempo etc.) También el sistema BIM tiene la particularidad de razonar frente a situaciones como los parámetros de dimensión frente a (muros, vigas, ventanas, puertas, etc.) que obedecen específicamente a la geometría de edificio lo cual se le denomina **Diseño Paramétrico**[22]**,** también está el termino conocido como **Bidireccionalidad Asociativa**[23] con lo cual se pueden gestionar los cambios durante el diseño por ejemplo al hacer una modificación en el modelo automáticamente todas las vistas (2D) generadas a partir de éste se actualizan, eliminando posibles inconsistencias.

Figura 3-7 elementos de un modelo de informacion.

Fuente: potencialidades de sistema BIM.

[22] Fuente: tercera conferencia tecnológica corporación de desarrollo tecnológico (conceptos generales vivian cardet) 2010 cchc

[23] Bidireccionalidad: asociativa (info. vinculada) tercera conferencia tecnológica corporación de desarrollo tecnológico.

El sistema BIM tiene un flujo de información circular donde todos los protagonistas son importantes para la correcta distribución de esta, es por esto por lo que es importante que en cada etapa de la metodología BIM exista tanto personal capacitado como las herramientas tecnológicas adecuadas abriendo una posibilidad de trabajar en equipo, en la que tanto los proyectistas, arquitectos, ingenieros y el cliente trabajan en torno a modelos BIM del proyecto. Esto se da ya que el BIM se soporta en herramientas tecnológicas que permiten crear, administrar y gestionar estos modelos BIM generando la fuente de información necesaria que pueda ser usada en cualquier etapa del ciclo de entrega del proyecto como lo muestra la figura.

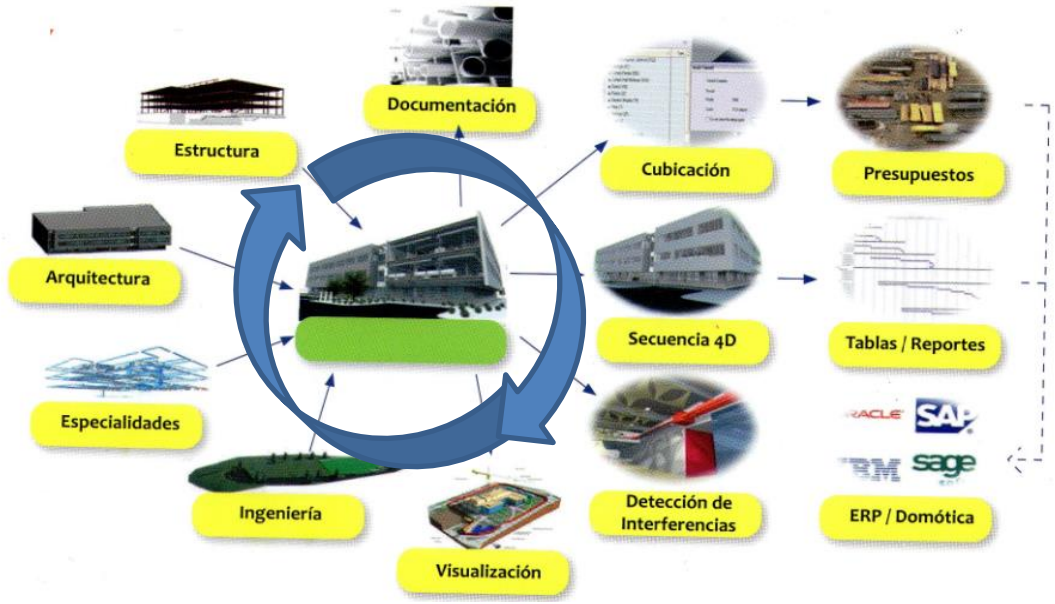



Figura 3-8 flujo de información de BIM.

Fuente: adaptación tesis potencialidades de sistema BIM.

### 3.2.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA BIM.

Basándonos en el acrónimo Building Information Modeling[24] Cada palabra que compone la sigla BIM no sólo representa el término literal, sino también una etapa que tiene un concepto y función que permite gestionar el modelo en cada una de estas.

**EDIFICIO (BULDING)**

En esta esta etapa la edificación se entiende como un **proyecto colaborativo compuesto por áreas en constante diálogo**. Este es un canal abierto de comunicación donde se discuten las mejores soluciones y se anticipan las decisiones críticas del diseño, previniendo futuros problemas en las etapas posteriores.

Entre sus ventajas está la **visualización en tres dimensiones**, lo que facilita la comprensión de las decisiones durante el desarrollo del proyecto. Además, la representación de las fases nos da una visión global del ciclo de vida, considerando todos los elementos en juego y adelantando las necesidades futuras, como por ejemplo el impacto ambiental de la edificación, su eficiencia energética y los costos operativos.

**INFORMACIÓN (INFORMATION)**

Esta fase esta atribuida a la **creación y desarrollo de una base de datos en constante actualización**. La información contenida en este sistema se encuentra abierta para todos los integrantes del equipo, quienes pueden usarla, reutilizarla y optimizarla cuando sea necesario. Además, puede incluirse como una entrega para el mandante, si se compromete dentro del proyecto.

[24] Fuente: tercera conferencia tecnológica corporación de desarrollo tecnológico (conceptos generales vivian cardet) 2010 cchc

## MODELADO (MODELING)

Si bien la definición oficial indica que la M se refiere a modelado, algunos profesionales prefieren decir que significa Management (administración), lo que calza con la idea de que **la estructura es construida sobre datos organizados**, dando forma a un sistema que luego puede ser administrado y actualizado por el mandante.

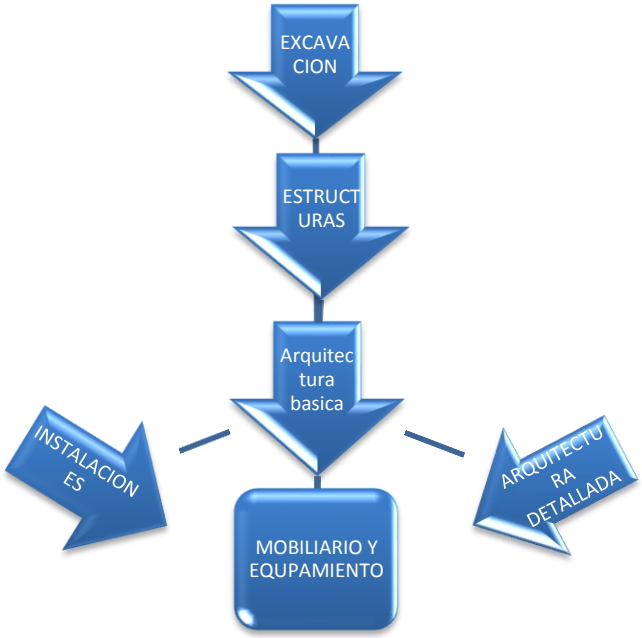



Figura 3-9 adaptación flujo de modelado BIM elaboración propia.

Fuente: potencialidades de sistema BIM.

### 3.2.2 FUNCIONES DE UN SISTEMA BIM

El propósito de BIM es hacer la información del diseño explícita, de tal forma que el diseño pueda ser programado entendido y evaluado a través de documentos (dibujos 2D y 3D, listas, tablas, etc.) a través de herramientas de Autodesk® Revit y Navisworks que son los software más utilizados para lograr un modelo consistente. Un modelo BIM contribuye a la eficiencia de los procesos y provee de una mayor precisión en comparación a los tradicionales dibujos CAD en 2D por lo tanto el objetivo es retratar y visualizar el proyecto entero, desde el diseño hasta la construcción, permitiendo así a los usuarios ver y simular el ciclo de vida del proyecto. Esto busca mejorar el proceso de toma de decisiones y el desempeño de construcción permitiendo un análisis y dando paso a las siguientes funciones[25] que se explicaran a continuación.

**1D: Idea:** Todo proyecto a implementarse con la metodología BIM arranca con una idea inicial. En esta primera dimensión se incluirían acciones tales como la determinación de la localización y las condiciones iniciales de la estructura a construir el tipo **implementación** utilizar etc.

**2D boceto o vector:** En esta fase es donde se genera un boceto y se determinan las características genéricas del proyecto, esta etapa está compuesta por la preparación de todo el entorno para así poder generar un modelo BIM a través de algún software CAD o BIM, también se define el planteamiento de los materiales a utilizar, la definición de las cargas estructurales, la determinación de la dimensión energética del proyecto y el establecimiento de las bases para la sostenibilidad general del mismo.

[25] Fuente potencialidades de sistema BIM

**3D Modelo gráfico:** Una vez recopilada la totalidad de la información necesaria, respectiva a las dos primeras dimensiones, es momento de proceder a la modelización geométrica de la infraestructura en 3D.

**4D Tiempo y programación**: Esta dimensión permite controlar la eficiencia y duración de las distintas tareas del proyectos, simulando los tiempos de todas las fases y trabajos. Este control posibilita una planificación detallada con estimaciones y la visualización del progreso de todas las actividades por lo tanto controla visualmente el avance del proyecto y detecta elementos no planificados.

**5D Costos:** Predice costos de actividades o del proyecto a una determinada fecha.

**6D Sustentabilidad:** Simula el comportamiento de los sistemas de ahorro energético y la gestión de recursos, entregando información fundamental para la toma de decisiones. Gracias a esto es posible seleccionar las mejores técnicas y tecnologías para cada proyecto, optimizando el consumo de energía y reduciendo lo más posible los daños al medio ambiente.

**7D Gestión del ciclo de vida y facilities magnament:** esta fase entrega un control logístico y operacional para el uso y mantención del edificio. En esta dimensión es posible agendar y monitorear inspecciones, reparaciones y tareas de mantenimiento, además de contar con información valiosa para detectar fallas de funcionamiento y áreas a mejorar. Como resultado, es posible gestionar estas tareas de forma más eficiente, en menos tiempo y antes de que su solución requiera de una inversión mayor de recursos**.**

**¿QUE ES FACILITIES MAGNAMENT?**

Es un Sistema de administración de edificios que nos permite disminuir consumos, ahorrar costos y mantener los espacios en óptimas condiciones con ayuda de técnicas de gestión y softwares especializados.

Tradicionalmente, la administración de edificios se ha asociado a los servicios de correo, la seguridad y la limpieza. Notablemente, el último tiempo se ha desarrollado el concepto de Facilities Magnament, una nueva versión de esta práctica que incluye funciones y responsabilidades más complejas.

Hoy en día los edificios son más grandes y se apoyan en sistemas computarizados que requieren de conocimientos técnicos para su operación y mantenimiento. Estos avances son los que dieron forma a este nuevo rol en la gestión de los edificios y su mantenimiento.

El facilities mánager se encarga tanto de los servicios blandos como también los duros. Los primeros son las tareas como los sistemas de seguridad y la mantención técnica del aire acondicionado (como ejemplo), por otra parte, los segundos incluyen la coordinación de trabajo de técnicos y equipos de limpieza.

## APLICACIONES DEL FACILITIES MAGNAMENT

Las funciones del facilities magnament son clave dentro de una compañía, ya que se ocupa de la administración de una parte importante de los gastos de la empresa. Sus tareas engloban desde la búsqueda del inmueble hasta la optimización en la gestión de su funcionamiento. Algunas de dichas funciones son:

1. **Control de maquinarias:** Registro y seguimiento del funcionamiento de ascensores, bombas, calderas, grupo electrógeno y otros.
2. **Gestión de proveedores:** Contacto con proveedores y control de su coordinación mensual.
3. **Supervisión de equipos:** Control los trabajos desarrollados en cada equipo, asegurando el cumplimiento de las tareas.
4. **Gestión de recursos inmobiliarios:** Optimización de los espacios y gestión de los proyectos de construcción, renovación o reubicación de la compañía.
5. **Contratación de productos y servicios:** Asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones y su conservación mediante la adquisición de productos y servicios, manteniendo un balance eficiente de tiempo, costos y calidad.

6. **Resolución de problemas:** asumir funciones de satisfacción usuaria, respondiendo incluso a problemas medioambientales, de salud y seguridad. También debe anticipar las necesidades de todas las áreas del edificio.
7. **Monitorear los sistemas:** Realizar una revisión periódica de las instalaciones y coordinar las mantenciones. Pueden utilizar un software para un control más preciso.
8. **Asegurar el cumplimiento de normas:** Velar por que el edificio cumpla con las regulaciones y normas vigentes.

**BENEFICIOS DEL FACILITIES MAGNAMENT.**

Cuando es bien implementado, el facilities magnament significa un importante ahorro económico para las compañías y una garantía de que el edificio mantendrá un buen funcionamiento en todos los aspectos.

Entre sus beneficios están:

1. Elimina el riesgo de recibir multas y hacer pagos innecesarios.
2. Al presentar todas las mantenciones al día y un funcionamiento óptimo, el edificio tiene un valor más alto.
3. Mejora la calidad de los servicios.
4. Mejora la calidad de vida de los ocupantes.
5. Reduce los costos.

La mala gestión, por el contrario, puede tener consecuencias como la acumulación de deudas, la disminución de la vida útil de equipos y sistemas, una lenta respuesta frente a problemas y la descoordinación en la contratación de servicios y la compra de productos.

## 3.3 PLAN DE IMPLEMENTACION BIM PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMRPESA DE CONSTRUCCIÓN EN EL BIO BIO.

Sistema BIM como metodología, no dispone de un conjunto de reglas fijas para su implementación y es ahí donde se genera le problema con los diferentes tipos y niveles de empresas, debido a que no es simple adaptarla a sus procesos. Es por ello necesario contar con un plan estratégico diseñado para la empresa y sus necesidades, pues BIM significará un impacto en la organización, en los procesos productivos y políticas

Es importante para poder generar nuestro plan de implementación definir antes que todo, que se considera una pyme en nuestro país y considerar que la implementación esta guiada por los datos de la encuesta nacional BIM 2016 y una pequeña encuesta realizada en región del bio bio realizada a 8 personas, que tiene como soporte a la encuesta antes mencionada, donde la intención de esta es conocer mejor la situación de la región frente a esta metodología y también aclarar que la implementación está orientada hacia el modelo organizacional tradicional de diseño-licitación-construcción debido a que está encauzada a los contratos públicos que es el foco de estudio de esta investigación por las condiciones del plan BIM 2020.

### 3.3.1 PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.

En nuestro país la pequeña y mediana empresa[26] está definida por el Ministerio de Economía que clasifica las empresas de acuerdo con el nivel de ventas. Considera como Empresas Pequeñas a las que venden entre UF2.400 y UF25.000 al año y como Empresas Medianas las que venden más de UF25.000 al año, pero menos de UF100.000. Esto implica que en términos de ventas anuales se define como PYMES a las empresas que se encuentran en el rango de UF2.400 a UF100.000 y también por su número de trabajadores como se muestra en la siguiente tabla.

| Tamaño empresa | Clasificación por ventas | Clasificación por empleo |
|---|---|---|
| Micro | 0 – 2.400UF | 0 – 9 |
| Pequeña | 2.400,01UF – 25.000UF | 10 -25 |
| Mediana | 25.000,01UF – 100.000UF | 25 – 200 |
| Grande | 100.000,01UF y más | 200 y más |

Fuente: Ley N° 20.416

Tabla 3-1 Clasificación pymes

### 3.3.2 FACTORES A CONSIDERAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM.

#### 1. FLUJO DE INFORMACIÓN CIRCULAR Y VISIÓN

El primer factor por considerar para la implementación BIM y que se mencionó anteriormente, es entender que el flujo de información como también la escalabilidad de este sistema son circulares por lo tanto todas las piezas que conforman esta metodología son importantes sin excluir a las pymes que son los que realizan muchos trabajos de subcontrato y la mala comunicación con estos puede ser fatal llevándonos a extensiones

[26] Fuente: Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

de plazos y costos innecesarios no cumpliendo con el objetivo de esta metodología de trabajar como una sola unidad entrelazada.

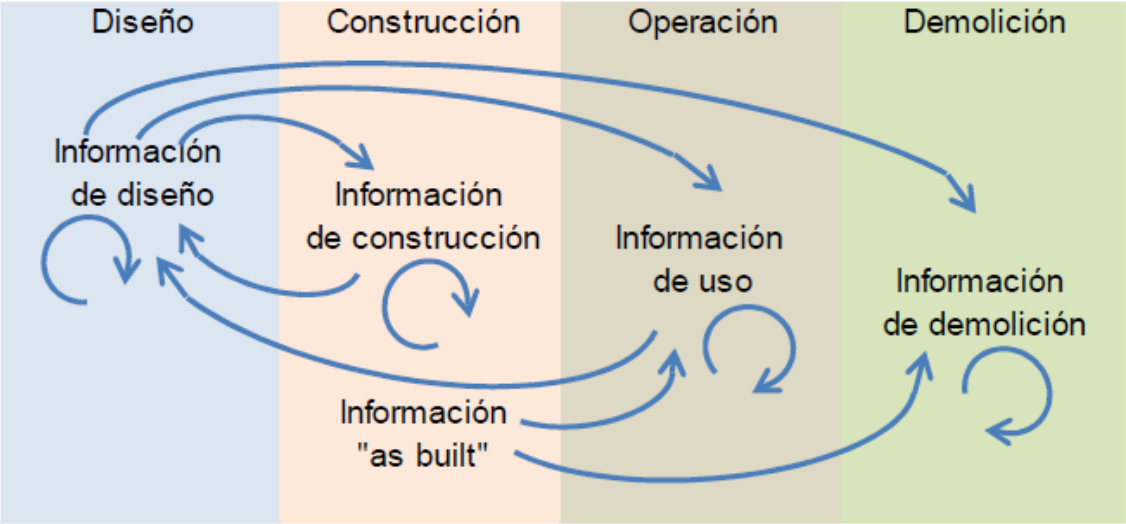



Figura 3-10 flujo de información.

Fuente: potencialidades de sistema BIM.

**2**. Definir las expectativas que se tienen con la implementación.

**3**. Reconocer el enfoque que posee la empresa frente a la implementación de BIM, ya sea incentivado por la gerencia o motivado por el nivel operacional.

**4.** Identificar claramente los objetivos.

**5.** Estructurar un equipo que lidere la implementación.

**6**. Definir la nueva estructura organizacional que se necesita para trabajar con BIM.

**7.**Identificar las competencias necesarias dentro del equipo para lograr una implementación exitosa.

**8.** Aclarar las tareas y roles de cada persona/equipo.

**9.** Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos BIM.

**10**. Definir la velocidad o ritmo con que se implementará BIM.

**11**. Seleccionar los Usos BIM que se implementarán.

**12**. Identificar e integrar las áreas de la empresa que deben ser parte del proceso de implementación.

**13**. Entender cómo se realizarán las transferencias de información dentro de la empresa.

**14**. Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.

## RESPONSABILIDADES DE CADA PROFESIONAL DENTRO DEL EQUIPO BIM.

Uno de los puntos esenciales para poder implementar BIM son las nuevas responsabilidades que tendrán cada uno de los integrantes del equipo a continuación se mostrara la responsabilidad de cada profesional dentro de una constructora desde el punto de vista de BIM donde obtendremos las definiciones de responsabilidades necesarias para nuestra pyme.

### Gerente de proyectos

La función de este profesional es muy importante desde el punto de vista estratégico, su compromiso, participación y liderazgo con la implementación son cruciales. Será el responsable de definir los principales objetivos que se buscan con la implementación, según las capacidades de la empresa. Su enfoque en la implementación es muy similar al del administrador de obra, pero con una visión más general. Velara por el correcto desarrollo de los pasos propuestas proporcionando los recursos físicos, financieros y humanos necesarios.

Deberá participar en las reuniones de diseño y en algunas de coordinación, utilizar modelos para proponer objetivos y metas, gestionar recursos para solucionar conflictos detectados, verificar las competencias del personal de primera línea necesario para la implementación. Requiere conocimientos específicos acerca de la metodología, por ello se debe capacitar formalmente.

### Administrador de Obras

La función de este profesional es Ejercer el liderazgo, evitan la formación de barreras que se puedan crear durante la implementación y mantienen el compromiso de todo el personal y la coordinación con los mandos medios. Deberá participar en las reuniones de coordinación y algunas de diseño, utilizar modelos para proponer objetivos y metas,

gestionar conflictos presentados en estas reuniones de manera oportuna, para que se cumpla con los plazos y los costos establecidos, aplicar acciones correctivas cuando el equipo de implementación no esté cumpliendo con los objetivos fijados, estas evaluaciones serán informadas por el coordinador BIM. Requiere conocimientos específicos acerca de la metodología, por ello se debe capacitar formalmente.

**Oficina Técnica**

El cambio de metodología de trabajo no cambia las funciones, pero actualiza la forma en que se realizan, dando paso al uso de nuevas tecnologías. Se comienza a utilizar los modelos para visualizaciones de avance, obtención de cubicaciones y en las reuniones de coordinación. También debe informar oportunamente al Coordinador BIM de detalles constructivos que hagan falta para asegurar la correcta ejecución de las obras, informar de adicionales que se estén considerando y de la planificación de avance acordada con el jefe de terreno. Requiere conocimientos específicos acerca de la metodología, por ello se debe capacitar formalmente.

**Jefe de Terreno**

Se considera parte del equipo porque participa en las reuniones de coordinación, y debe aprender los nuevos procedimientos de flujo de información y como se realizarán las planificaciones de obras. Requiere solo conocimientos básicos y generales acerca del funcionamiento de la metodología que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

**Supervisores**

Deberán participar al igual que el jefe de terreno en las reuniones de coordinación que se les indique. Es por ello por lo que deben conocer las potencialidades de la metodología para que así le puedan sacar mayor provecho.

Requiere solo conocimientos básicos y generales acerca del funcionamiento de la metodología que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

**Subcontratos**

Participarán en algunas reuniones de coordinación, donde se acordará la planificación semanal y mensual que más beneficie el avance del proyecto, en ellas deben informar a su jefatura directa cualquier deficiencia que se presente en la planificación de estas actividades, en los materiales, equipos o maquinarias, requiere solo conocimientos básicos y generales acerca de la metodología, que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

**Arquitecto**

Deberá trabajar en conjunto con el coordinador BIM debido a que son piezas claves para la implementación, sus funciones básicamente seguirán siendo las mismas y en conjunto con el coordinador BIM se puede realizar un trabajo mejor coordinado y más colaborativo con los miembros de la constructora. Sera el responsable del diseño, la modelación de arquitectura, documentación del proyecto y deberá participar en reuniones de diseño y coordinación. Requiere conocimientos específicos acerca de la metodología, por ello se debe capacitar formalmente.

**Jefe de Control y Planificación**

Se considera parte del equipo, porque participa en las reuniones de coordinación, y debe aprender los nuevos procedimientos de flujo de información y como se realizarán las planificaciones de obras.

Requiere solo conocimientos básicos y generales acerca del funcionamiento de la metodología, que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

**Jefe de Calidad**

Se considera parte del equipo porque participa en las reuniones de coordinación, debe aprender los nuevos procedimientos de flujo de información e informar de manera oportuna de las irregularidades detectadas en terreno, para determinar acciones correctivas.

Requiere solo conocimientos básicos y generales acerca del funcionamiento de la metodología, que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

**Jefe Prevención**

Se considera parte del equipo porque participa en algunas reuniones de coordinación, y debe aprender los nuevos procedimientos de flujo de información. Deberá informar de manera oportuna de riesgos críticos o de los requerimientos necesarios para los servicios complementarios que establezcan las normativas.

Requiere solo conocimientos básicos y generales acerca del funcionamiento de la metodología que se pueden nivelar con charlas inductivas y cursos básicos.

## CAMBIO GRADUAL

La empresa debe seleccionar un proyecto piloto para aplicar estos cambios, ya sea en uno reciente o nuevo, la elección dependerá del riesgo que esté dispuesto a correr y la mano de obra disponible. Como los proyectos que realiza son muy similares entre sí, cualquiera sea el que se seleccione, se podrá comparar con otro e identificar los beneficios del uso de BIM, pero es necesario que la empresa realice mediciones más detalladas, como tener registros de obras extraordinarias, modificaciones de obra y RDI que incluyan por ejemplo la fecha requerida de respuesta o su impacto en el presupuesto.

Se debe tener presente que existirá un impacto en la productividad, a causa del tiempo de aprendizaje, para evitar que este tiempo se extienda más de lo debido, es importante que la empresa no trabaje en forma simultánea con BIM y metodologías tradicionales, ya que solo se generara desgaste del equipo. Por eso es importante empezar de menos a más y dar tiempo a que el equipo se acostumbre para poder aumentar la confianza y experiencia del este mismo.

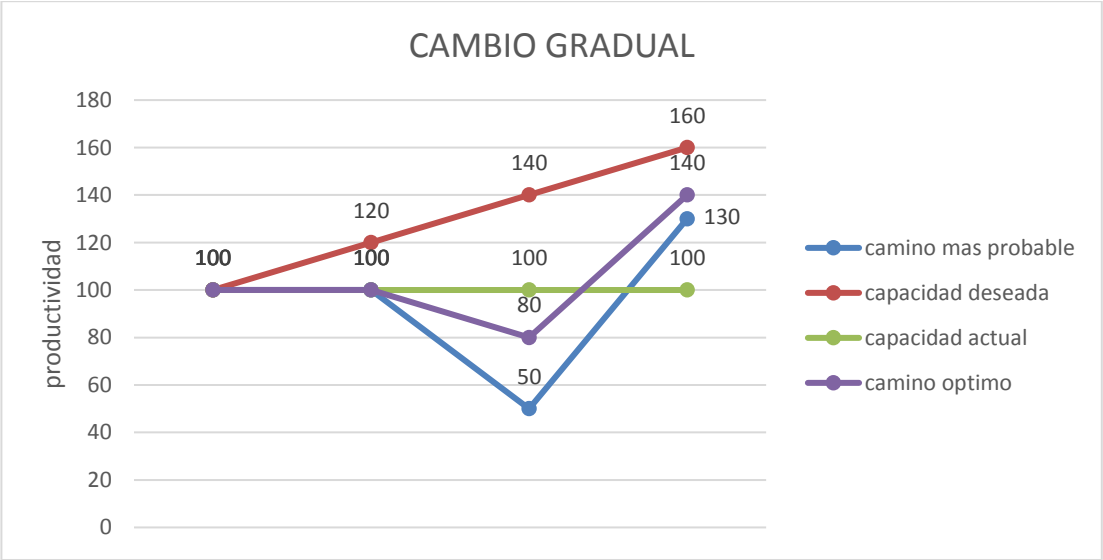



Gráfico 3-1 cambio gradual

Fuente: monte alegre & beach elaboración propia.

## 3.4 ESTRUCTURA Y REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA.

En general la metodología está estructurada en tres áreas: tecnología, procesos y organización o política[27]

Figura 3-11 estructura de metodología BIM.

Fuente: succar 2009 elaboración propia.

[27] Fuente: matriz de madurez BIM succar 2009

**El engranaje de Tecnología** BIM comprende a los desarrolladores de las herramientas necesarias para la creación y gestión de los modelos de información de construcción (modelos BIM) y otras tecnologías de diseño-construcción-operación. Incluye los desarrolladores de software, proveedores de equipos y proveedores de productos/servicios activos en el sector de la construcción (AIC).” (Succar, 2010, p. 6)

**El engranaje de Procesos** BIM abarca a todos los actores directamente responsables de la ejecución de edificios y otros productos de construcción: escuelas, puentes, centros comerciales, etc. Incluye las propiedades, los proyectistas, los contratistas y aquellos que están involucrados en el ciclo de vida de un proyecto.

“**El engranaje de Política u organización** BIM engloba a todos los actores responsables de la generación de normas, directrices y contratos. Incluye los organismos reguladores del sector de la construcción, instituciones educativas y similares.

Dentro de estas áreas también existen factores más complejos de valorizar, como la **disminución de la productividad** en el periodo de aprendizaje o el tiempo que se deberá destinar a nuevas actividades, como confección de documentos, o reuniones de coordinación y **el tiempo que se demorará la capacitación** dependiendo del nivel al que se necesite otros factores que analizaremos a continuación.

### 3.4.1 TECNOLOGÍA

La tecnología se divide principalmente en los Software, Hardware y las Redes.

**Software**

se seleccionó el software Revit como herramienta base para iniciar esta implementación, pero las licencias de autodesk han sufrido cambios importantes Se han eliminado las licencias perpetuas de alto costo inicial, estas nuevas licencias se pagan por plazos mensuales, trimestrales, anuales y multianuales. Pueden ser usadas en un máximo hasta de 3 equipos e incluyen servicios de nube, actualizaciones periódicas y soporte técnico.

Existen dos versiones de licencias para Revit, la versión completa que incluye funciones de diseño arquitectónico, construcción, ingeniería estructural y MEP. Y esta la versión LT que está centrada en el diseño y la generación de documentación.

**Hardware**

Este aspecto está definido por el Software que se ha seleccionado, que, en el caso de Revit, los requerimientos están más cercano a la gama medio alto. Generalmente en los Software existe una recomendación mínima, una recomendada y una óptima o alto rendimiento, donde el costo es la primera barrera que se enfrenta al seleccionar un equipo, es por ello que se utilizará una configuración recomendada, que asegure que se seguirá teniendo un trabajo fluido por un periodo aceptable con las versiones posteriores. Las principales diferencias entre los tipos de configuraciones de hardware están en el procesador, la memoria RAM y la tarjeta gráfica.

**Redes.**

Se debe buscar la manera de potenciar el intercambio de modelos entre los diferentes especialistas. Para eso está el servicio A360 que se incluye en la suscripción de cualquier software Autodesk, permite administrar 1 proyecto y tiene una capacidad de 5 GB de almacenamiento.

### 3.4.2 PROCESOS

**Flujo de trabajo:**

El flujo de trabajo es un requerimiento importante en la estandarización del flujo de información, por lo que es necesario elaborar un flujo actual desde la fase de diseño a la fase de construcción, la cual nos permite ver cuál es la mejora al introducir BIM en esta estructura tradicional de (diseño-licitación-construcción) que fue seleccionada para la implementación de esta metodología en la pequeña y mediana empresa.

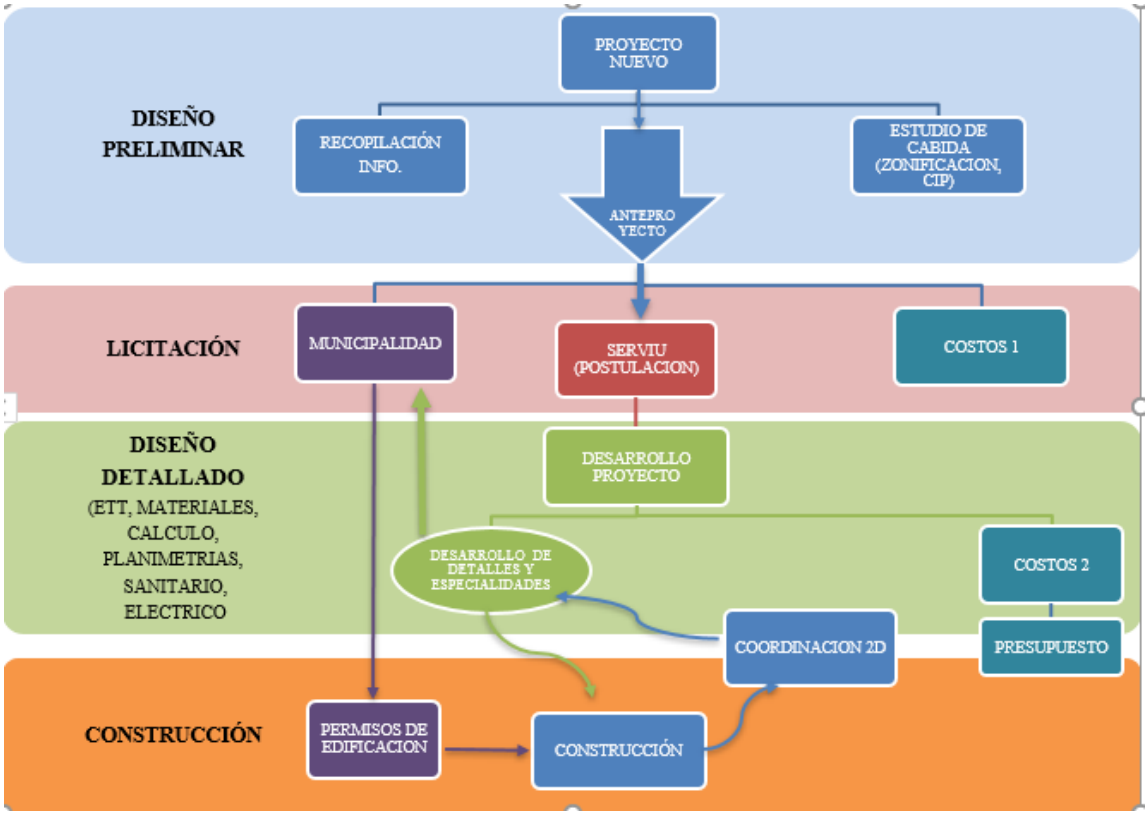



Figura 3-12 organigrama estructura tradicional Succar 2009

Fuente: adaptación de elaboración propia.

Como se puede apreciar en el organigrama los principales problemas del flujo de información existentes son, la lenta respuesta al solicitar aclaraciones de información, como también la falta de retroalimentación oportuna que puede crear retrasos en la fase de construcción.

Por otro lado, la responsabilidad de coordinar las especialidades se deja a cargo de la constructora, quienes estudian toda la documentación recibida antes de construir, pero los métodos utilizados, solo permiten una inspección visual de algunas plantas y vistas, dejando mucho a la interpretación. Por lo tanto, el rehacer trabajos en la fase de construcción debido a incompatibilidades en los planos, son el problema principal de este flujo.

### 3.4.3 POLÍTICA U ORGANIZACIÓN

**Capacitación.**

Dentro del engranaje de política se encuentra las capacitaciones del equipo existiendo una gran variedad de cursos y diplomados sobre la metodología BIM, la mayoría en base al Software Revit.

**Regulación**

Para una correcta implementación de la metodología BIM además es necesario definir, emitir y controlar la creación de 2 documentos necesarios para todas las fases del ciclo de vida y que se debe generar una sola vez, pero que se debe revisar y mejorar periódicamente, estos son el BEP y el Estándar BIM[28].

**BEP, Plan de Ejecución BIM:** es un documento donde se definen entre otros aspectos, el alcance de la implementación, los procesos y tareas BIM, intercambios de información, infraestructura necesaria, roles y responsabilidades y usos del modelo.

[28] Fuente: BIM fórum chile modelo iBIM normativa del reino unido.

**Estándar BIM:**

es un documento escrito que define los protocolos y procedimientos de modelación y coordinación de proyectos, en los softwares y formatos definidos en el BEP. Trabajar la modelación y la coordinación BIM, bajo un estándar definido permite un flujo de trabajo ágil, eficaz entre los profesionales que conforman el equipo de trabajo, además de servir de manual para los nuevos integrantes al equipo.

**Contractual**

Se debe tener presente que los profesionales que participen en la implementación, deben ser personas que estén comprometidas y convencidas de que con BIM, se puede mejorar la gestión de los proyectos. Pero también es necesario que exista un cambio de enfoque de las relaciones contractuales y que se considere la repartición de los riesgos y beneficios.

En los contratos tradicionales[29] se deben establecer clausulas específicas de compromiso y participación de los proyectistas, ya que "resulta imprescindible incluir a los responsables de los diseños de las distintas especialidades en el proceso de coordinación con herramientas BIM, particularmente en la resolución de conflictos e inconsistencias, para que de esta manera sean ellos quienes planteen una solución técnica a las interferencias detectadas o validen las soluciones sugeridas por el coordinador BIM. también se deben incluir la compartición, y entrega de modelos utilizados para el diseño y cálculo de los proyectos, dentro de los entregables.

[29] Fuente: BIM fórum chile modelo iBIM normativa del reino unido.

## 3.5 IMPLEMENTACIÓN PARA LA PEQUEÑA Y MEDIA EMPRESA DE CONSTRUCCIÓN.

Ya visto los factores y requerimientos que exige BIM, se propondrá una implementación de la metodología adaptada a las necesidades de la pequeña y mediana empresa de construcción, donde se tomó como consideración la opinión de los encuestados dentro del a región del bio bio, por lo que se propone 2 implementaciones diferentes una A para empresas de 25.000.01 uf hasta 100.000 uf la cual se subdivide en dos etapas y una implementación B para pymes de 2400.01uf a 250000uf que consiste en asesorías BIM.

Para esta implementación se considera el software Revit por ser el más predominante en el mercado de chile, lo que facilita la disponibilidad a capacitaciones y a personal cualificado. La incorporación de esta metodología involucra el uso de un software avanzado lo que conlleva al pago de licencias, como también requiere de inversión en hardware con especificaciones con requerimiento mínimo para los usos de la metodología BIM, además, es necesario contar con servicios para compartir la información y controlar acceso entre los miembros de la empresa.

Los mayores cambios que se generan al utilizar esta implementación para la pequeña y mediana empresa están relacionado al área tecnológica es por esto que la inversión inicial será más alta en este aspecto.

También se debe integrar un nuevo miembro al equipo de la pequeña y mediana empresa, que sea el responsable directo de evaluar y modificar el plan propuesto, como también definir las nuevas responsabilidades de los actuales miembros, especificando las competencias mínimas necesarias, el cual se puede llevar a cabo a través de la capacitación de un miembro del equipo o contratando un profesional capacitado en el área.

No se harán cambios importantes a nivel contractual ni regulatorio, ya que esta es un paso de entrenamiento y aprendizaje para el equipo, la implementación comienza solo como una corriente tecnológica[30].

[30] Corriente tecnológica: introducción a medios más tecnificados.

En esta implementación está basada en modelo IBIM del reino unido que consta de 4 etapas, lo que se busca es pasar de una etapa Pre-BIM a la Etapa 1 que se inicia con la utilización de una herramienta 3D, que es un software paramétrico basado en objetos, por lo que se decidió ocupar  Revit por las condiciones antes mencionadas y también la segunda etapa de esta implementación busca pasar de la Etapa 1 a Etapa 2 como objetivo de mediano a largo plazo dependiendo de las necesidades de las empresas. Por lo tanto, la implementación A se dividiría en A1 Y A2

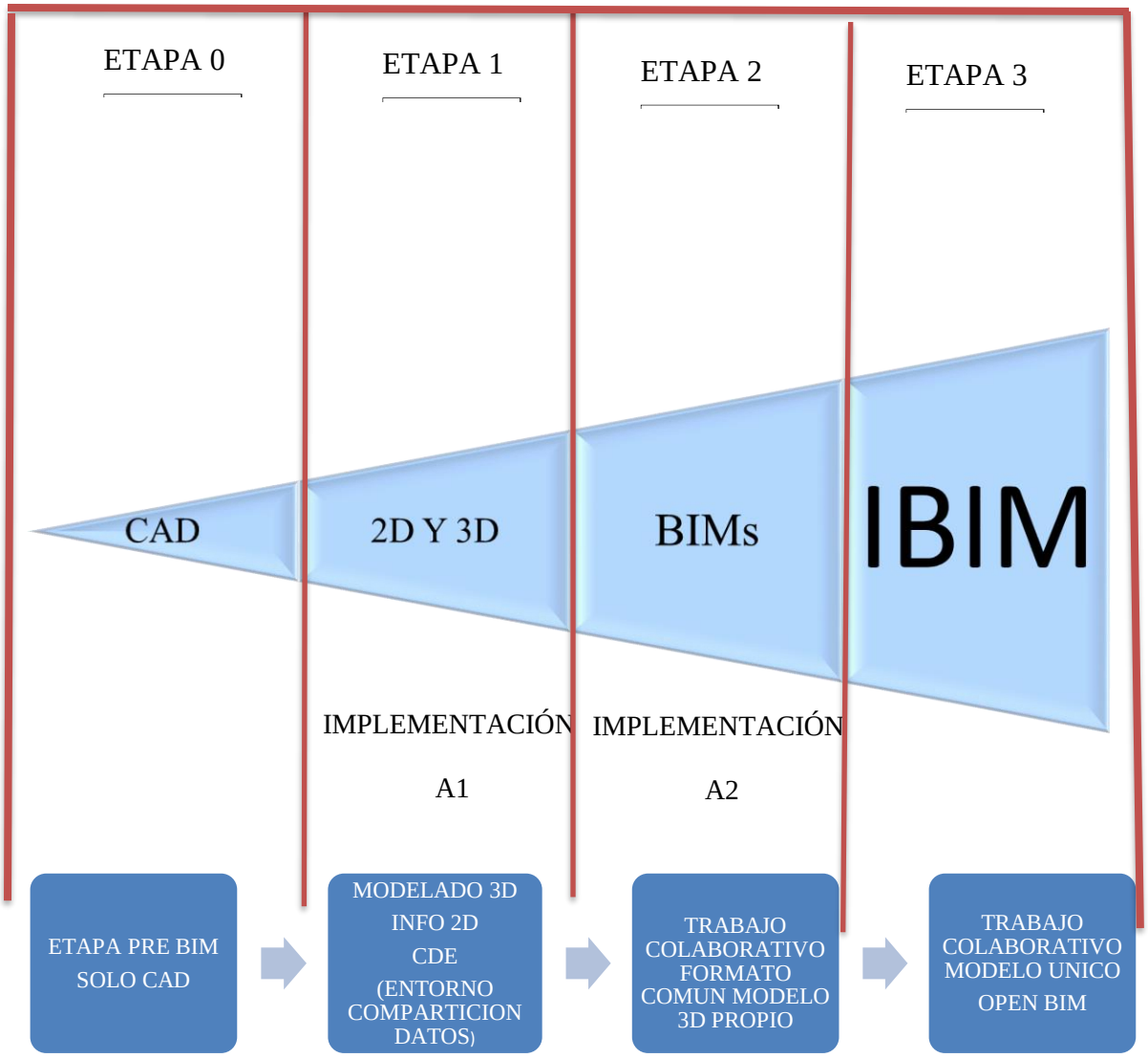



Figura 3-13 etapas modelo iBIM

Fuente: BIM fórum chile modelo iBIM normativa del reino unido adaptacion elaboracion propia.

**Etapa 0**

➨ No existe colaboración alguna.

➨ El trabajo se basa en la utilización de software para crear planos y detalles constructivos en 2D.

➨ La información generada se distribuye en papel o documentos electrónicos.

**Etapa 1**

➨ Uso del 3D para el diseño conceptual.

➨ Uso del 2D para generar la documentación de proyecto.

➨ Aparece el término CDE-Common Data Environment o Entorno de compartición de datos, No existe trabajo colaborativo entre las diversas disciplinas.

**Etapa2**

➨ El modelado 3D pasa al siguiente nivel de evolución.

➨ Aparece el flujo de trabajo colaborativo: cada una de las partes involucradas tiene su propio modelo 3D y comparte la información a través de archivos de formato común.

➨ De este modo todos pueden importar a sus modelos la información procedente del resto de partes implicadas.

**Etapa 3**

➨ Trabajo integrado entre todas las partes implicadas mediante el uso de un único modelo alojado en el CDE.

➨ Todos trabajan en ese modelo único. De modo que se eliminan los riesgos de aparición de conflictos en el mismo.

➨ Trabajo en el modelo único en tiempo real.

➨ Es lo que se ha dado en llamar Open BIM.

### 3.5.1 DEFINIR RESPONSABLIDADES DE LA PYME.

Debido a que hace trabajos de subcontrato Sera necesario que participe en algunas reuniones de coordinación, donde se acordará la planificación semanal y mensual que beneficie el avance del proyecto, en ellas deben informar a su jefatura directa cualquier deficiencia que se presente en la planificación de estas actividades, en los materiales, equipos o maquinarias.

Requiere solo conocimientos básicos y generales de la primera fase A1 acerca de la metodología que contemplan: uso del 3D para el diseño conceptual, uso del 2D para generar la documentación de proyecto y la compartición de datos.

### 3.5.2Nuevos miembros del equipo de trabajo para pyme.

Es necesario que para la correcta implementación de esta tecnología se integren nuevos miembros que pueden ser contratados por ser especialistas en el área o a través de una capacitación sea cual sea la opción se necesitara de un periodo de adaptación y estos nuevos miembros son el coordinador BIM y el modelador BIM los cuales describiremos a continuación.

**Coordinador BIM**

Este nuevo integrante es crucial para cualquier implementación, se encarga de garantizar que la información del sistema BIM fluya correctamente. Debe tener claro el plan de implementación que se va a realizar, cuáles son los requerimientos, y los alcances que se deben cumplir, y que herramientas se van a utilizar para ello. Debe definir los estándares, protocolos y plantillas de trabajo, realizando una mejora continua de estos, para que sean adaptables a la empresa. Debe garantizar que se estén cumpliendo con los plazos establecidos entre las diferentes especialidades, e informar de los retrasos para que

se apliquen las acciones correctivas establecidas en los contratos. Deberá supervisar la distribución de la información dentro del proyecto, evitando la duplicación de archivos o las versiones desactualizadas. También dependiendo el tamaño de los proyectos que se estén realizando deberá modelar especialidades y cálculo para identificar interferencias antes de su construcción, posterior a esto deberá mantener actualizados los modelos con el fin de cuantificar obras adicionales y obtener el modelo (as built)[31].

Requiere conocimientos específicos acerca de la metodología por ello se debe capacitar formalmente, en ambas etapas o se puede optar por la contratación de un profesional capacitado.

**Modelador BIM (optativo)**

Dependiendo de la envergadura de los próximos proyectos, es necesario considerar la posibilidad de integrar un modelador que trabaje de apoyo tanto para el coordinador como para el arquitecto. Será el encargado en conjunto al coordinador BIM de llevar los planos de proyecto a los softwares Revit Architecture, Revit Structure y Revit MEP.

Requiere conocimientos específicos del software, por ello se debe capacitar formalmente o contratar con estos conocimientos como requisito. Al menos en un nivel avanzado de Revit.

De los cargos descritos anteriormente el primero es coordinador BIM que se integra en el Paso A1, quien tendrá un aumento de responsabilidades en el Paso A2, debido a que debe confeccionar los estándares, protocolos y coordinar las nuevas especialidades que serán integradas. Y el segundo es el modelador BIM en el Paso A2, que es opcional, y estará a cargo del coordinador.

.

[31] As built: planos finales de la obra.

### 3.5.3 DESDE PUNTO DE VISTA DE LA TECNOLOGÍA

**software**

Como el Paso A1 es de aprendizaje del modelado basado en objetos de una sola disciplina y tomando en cuenta las labores que acostumbran a hacer las pequeñas y medianas empresas este rango de UF, la mejor opción desde la perspectiva económica es la contratación de una licencia básica que en este caso sería Revit LT, por un plazo de un año. Luego en el Paso A2, ya teniendo mayor dominio de la herramienta software, se puede pagar la licencia completa por tiempo indefinido y así poder integrar más especialidades.

**hardware**

desde el punto de vista del hardware existe una recomendación mínima, una intermedia o (recomendada) y una óptima o alto rendimiento, donde el costo es la primera barrera que se enfrenta al seleccionar un equipo, por lo tato se recomienda que se utilice una configuración intermedia o (recomendada), debido a que es necesario asegurar el funcionamiento del software para la fase A2 donde se evitaría la reinversión de equipos necesarios para avanzar a la siguiente etapa y poder tener un trabajo fluido por un periodo de tiempo aceptable con las versiones posteriores, de todas formas es solo una recomendación, la elección está ligada a la condiciones actuales de cada empresa y no habría problemas en elegir una recomendación mínima o básica que solo sirva para la etapa A1.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Sistema Operativo** | Microsoft® Windows® 7 (SP1), Windows® 8 and Windows® 8.1 Professional operating system | | |
| **CPU** | 64-bit Intel® or AMD® multi-core processor. Autodesk® Revit® aprovecha multiples procesadores para realizar algunas tareas, utilizando mas de 16 cores para renderizados fotorealísticos. | | |
| **Tarjeta gráfica** | Utilizar el asistente de Hardware recomendado para consultar una lista más detallada de sistemas y tarjetas gráficas. | | |
| **Memoria RAM** | 4 GB of RAM<br>Suficiente para modelos que ocupan unos 100MB de espacio en disco. | 8 GB of RAM<br>Suficiente para modelos que ocupan unos 300MB de espacio en disco. | 16 GB of RAM<br>Suficiente para modelos que ocupan unos 700MB de espacio en disco. |

Figura 3-14 requisitos hardware.
Fuente: autodesk.

**Redes**

Para el intercambio de modelos entre los diferentes especialistas en la etapa A1, está el servicio A360 que se incluye en la suscripción de cualquier software Autodesk, permite administrar 1 proyecto y tiene una capacidad de 5 GB de almacenamiento.

Para la etapa A2 donde aumenta la colaboración entre especialidades la colaboración, existe una mejora del A360 que se llama Team BIM 360, Incluye 500 GB de almacenamiento por usuario, colaboración en equipo basada en proyectos, controles de acceso por usuario y proyectos ilimitados, esta mejora es solo para el arquitecto, coordinador BIM y si fuera necesario al modelador BIM

### .3.5.4 DESDE EL PUNTO DE VISTA DE PROCESOS

**Implementación A1**

El siguiente flujo de información está pensado para la etapa A1 que debería desarrollarse entre el corto y mediano plazo, pero eso dependerá de los niveles de adopción que tenga pequeña y mediana empresa que esta implementado la metodología. Este flujo de información se hará pensado en que el cambio se efectué solo con la disciplina de Arquitectura, para luego en el Paso A2 integrar el resto de las especialidades. En el siguiente organigrama veremos lo que pasa cuando se incorpora esta implementación A1.

**<u>Modelo A1 de pyme como construcción</u>**

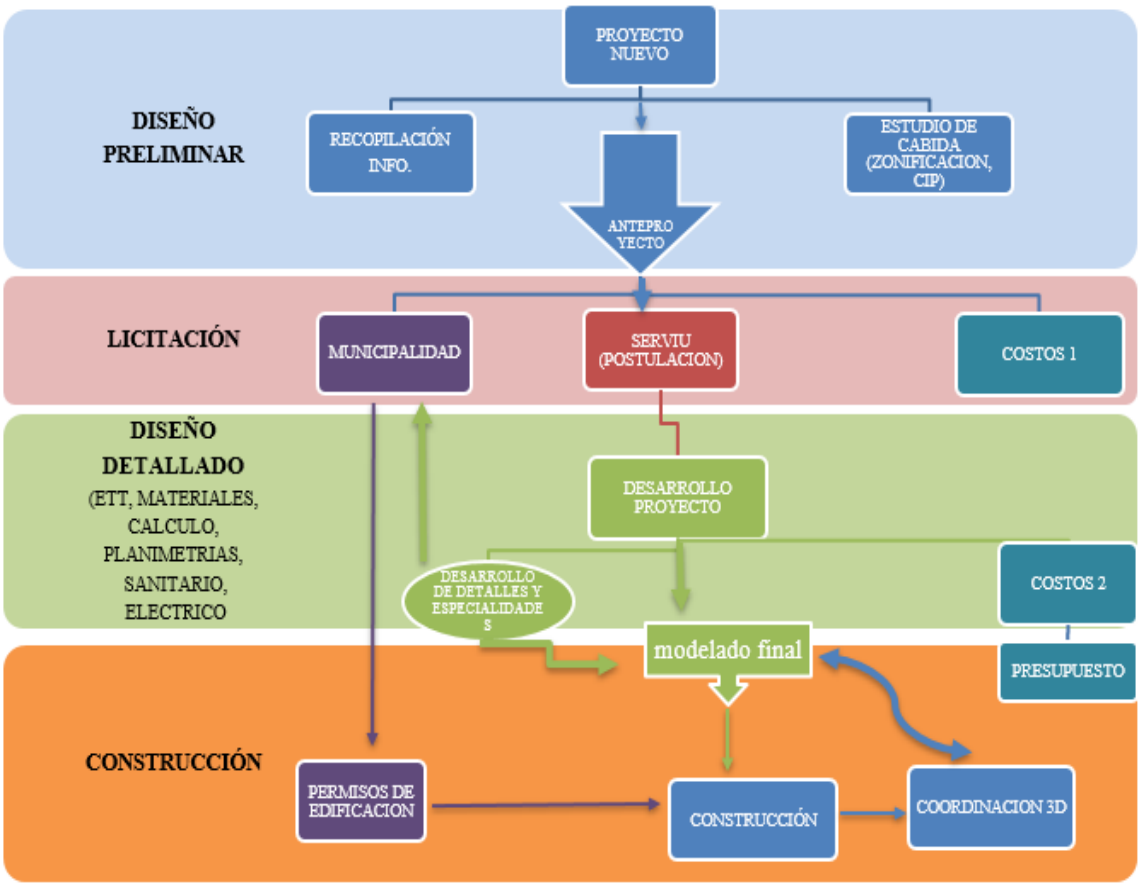



Figura 3-15 organigrama estructura implementación A1.

Fuente: elaboración propia.

## Modelo A1 de pyme como subcontrato de construcción.

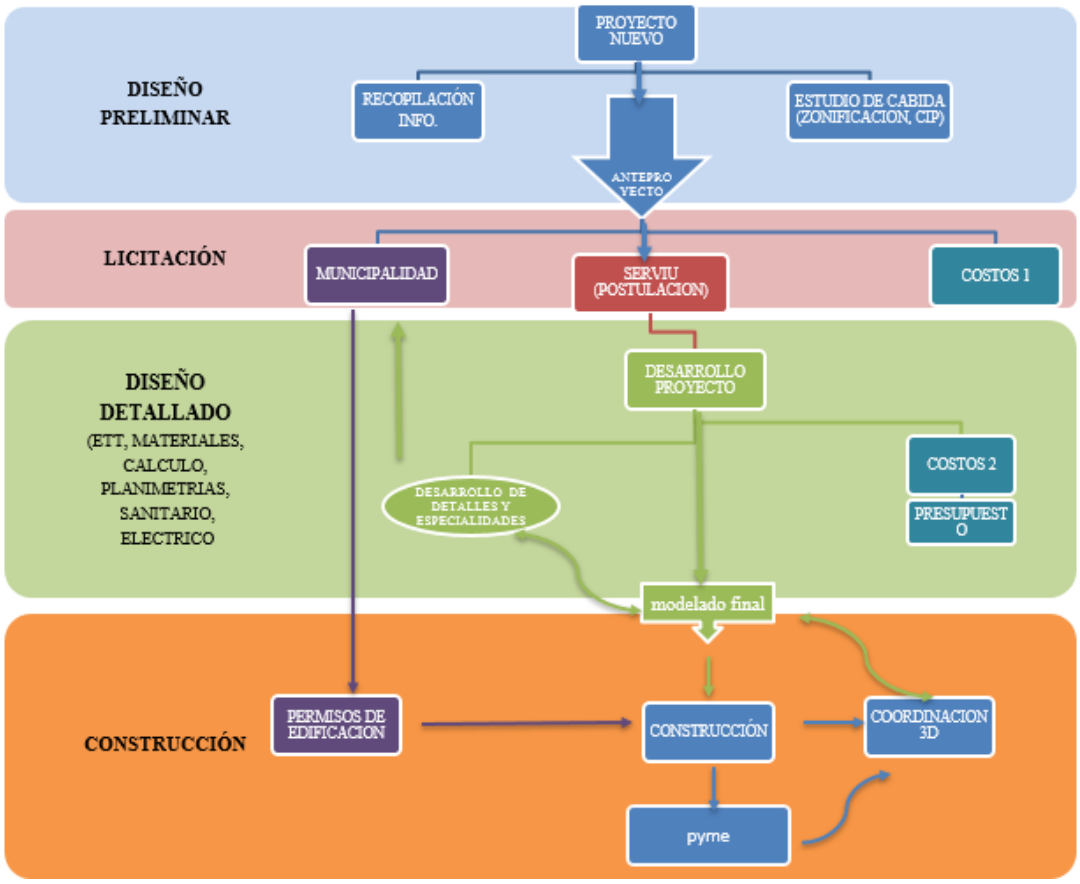



Figura 3-16 organigrama estructura implementación A1

Fuente: elaboración propia.

**Etapa A2 (optativo)**

Cuando se ha alcanzado una madurez en el uso de la herramienta 3D que es el objetivo de la etapa A1 y siempre que las necesidades de la empresa lo ameriten, se debe empezar a tener un mejor flujo de información y colaboración con otras disciplinas (calculo, instalaciones, etc.). En este paso ya no es necesario invertir en hardware si es qué se optó por la opción recomendad dada en el punto anterior de (hardware) pero se hacen mejoras como corregir los problemas detectados en el área de red, lo cual permite hacer uso de una plataforma común para almacenar y compartir datos en la empresa. También se puede ver afectado el tamaño del equipo que puede variar si la empresa decide aplicar la metodología BIM a más de un proyecto en esta etapa, ya que sería necesario integrar obligadamente un modelador BIM y debido a esto se necesitaría una licencia y un hardware extra, reafirmando que esta condición se da siempre y cuando sea más de un proyecto.

Este flujo de información busca mejorar la comunicación entre los equipos de trabajo y disminuir los errores en la construcción, a través del mejoramiento del flujo de información, visualizando lo que se va a construir, estableciendo plazos de entrega para la documentación e integrando a un nuevo miembro preocupado de la actualización de estas bases de datos virtuales. Por lo tanto, una vez dominada la etapa A2 que se centra en la mejora continua y la retroalimentación que se puede obtener al documentar los resultados de los proyectos realizados deberíamos tener mejores resultados de comunicación.

En el siguiente organigrama veremos que sucede si se incorpora de forma correcta la fase A2.

## Modelo A2 de pyme como construcción

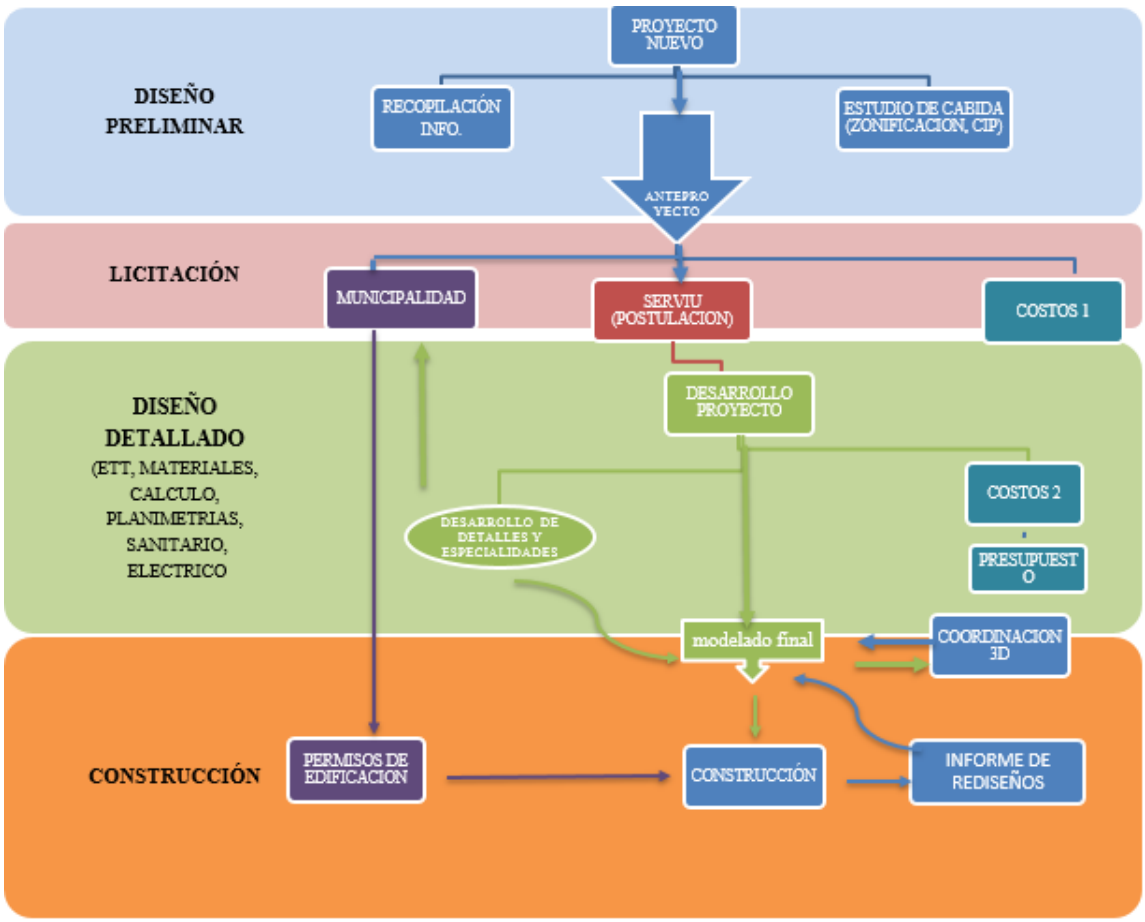



Figura 3-17 organigrama estructura implementación A2

Fuente: elaboración propia.

## Modelo A2 de pyme como subcontrato de construcción

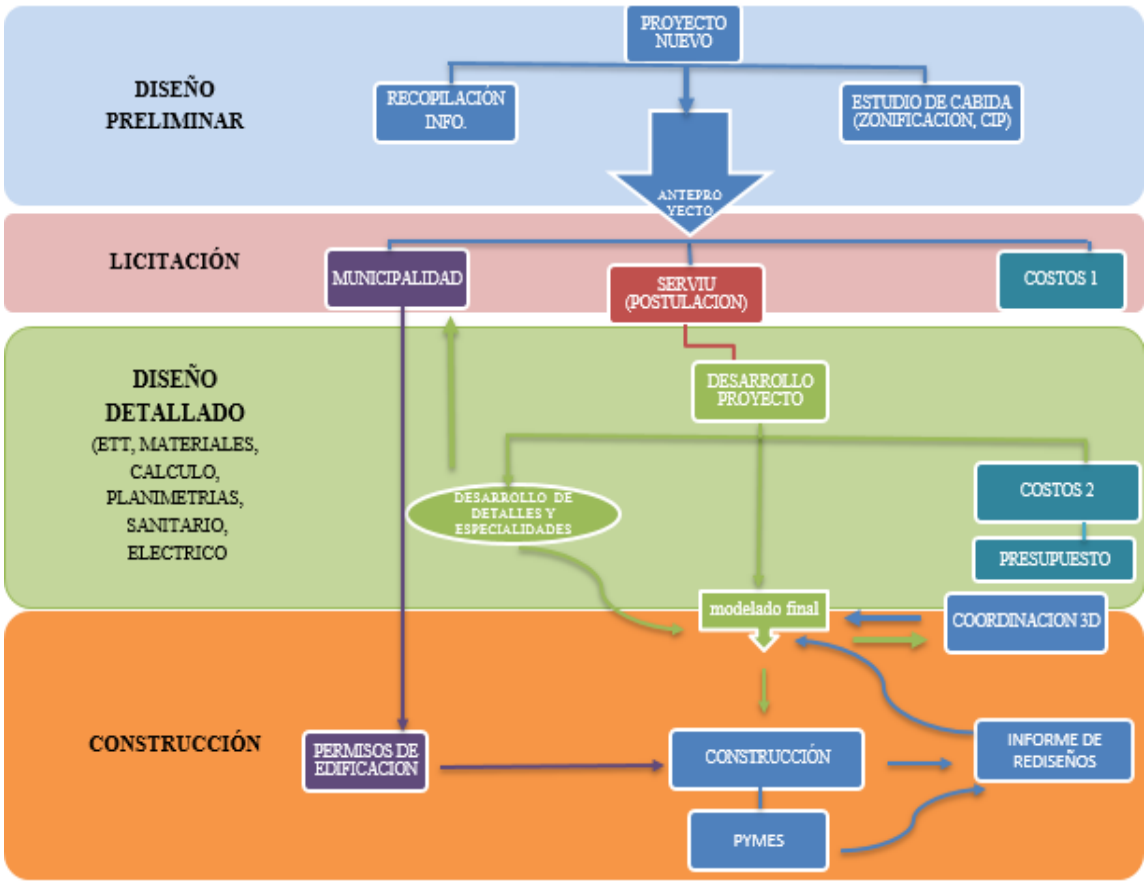



Figura 3-18 organigrama estructura implementación A2

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.5 DESDE EL PUNTO DE VISTA POLITICO O DE ORGANIZACIÓN

**Capacitación.**

Si es bien sabido que la capacitación es necesaria y que tiene una duración aproximada de 6 meses para la implementación A1 es necesaria una capacitación básica que ayuda al manejo completo del modelado 3d, el cual la requiere a un coordinador BIM luego si se opta por seguir avanzando en la implementación A2 para el siguiente paso será necesario capacitaciones más específicas como Revit MEP o Structure, considerando que los proyectistas no trabajan con estas herramientas. También dejar en claro que el resto del equipo no requiere capacitación formal, ya que solo hará uso de algunas funcionalidades del programa que pueden ser aprendidas con el apoyo del coordinador o modelador BIM o tomar capacitaciones esporádicas según el tiempo de disponibilidad y así sacarle más provecho a la inversión de las capacitaciones.

A modo de incentivo se puede descontar un porcentaje de las capacitaciones de los pagos de impuesto siempre y cuando la empresa este clasificada en la primera Categoría de la Ley de Impuesto a la Renta.

Para llevar a cabo las capacitaciones actualmente existe una gran variedad, las cuales se dictan en diferente instituciones y mencionaremos algunas que se consideran más acorde a las necesidades de la pequeña y mediana empresa.

A. programa de formación para la revisión de proyecto en BIM para la industria de la construcción impulsado por CORFO tiene una duración aproximada de 3 meses (84 hrs cronológicas) y trae consigo becas para 60 cursos de 30 alumnos.

B. también tenemos el Curso Introducción al BIM/REVIT para el Modelamiento y Gestión de la Información de la universidad del bio bio y tiene una duración de 30 hrs cronológicas con clases viernes y sábado.

C. También está la empresa COMGRAP que tiene cursos básicos con duraciones de 24 horas con asistencia tres veces a la semana.

Los costos asociados a capacitación se verán en el capítulo de costos más adelante.

### 3.5.6 IMPLEMENTACIÓN B A TRAVES DE ASESORIAS.

Para la implementación a través de asesorías en general es para la pequeña empresa, pero hay que dejar en claro que esta asesoría no tiene una condición de que sea exclusivamente para este grupo, más bien está basada en las respuestas obtenidas sobre las necesidades de la pequeña empresa en la región del bio bio.

Esta implementación trata de optar por contratar un empresa especialista que ofrezca este servicio para el apoyo en la gestión de un proyecto, por lo tanto, se recomienda escoger la modalidad “contratación de un proveedor asesorías”, puesto que de esta manera se evita incurrir en pérdidas de tiempo asociadas a la conformación de un equipo que se adecue a la aplicación de la tecnología, donde de igual manera es posible tener una primera impresión sobre la experiencia adquirida. En este caso, la empresa de coordinación o gestión de proyectos BIM se encargaría de solucionar todos los requisitos técnicos y operativos con el fin de garantizar la calidad y entrega de lo requerido.

En el siguiente organigrama se mostrará el flujo de información con esta implementación.

**Flujo de trabajo asesorías**.

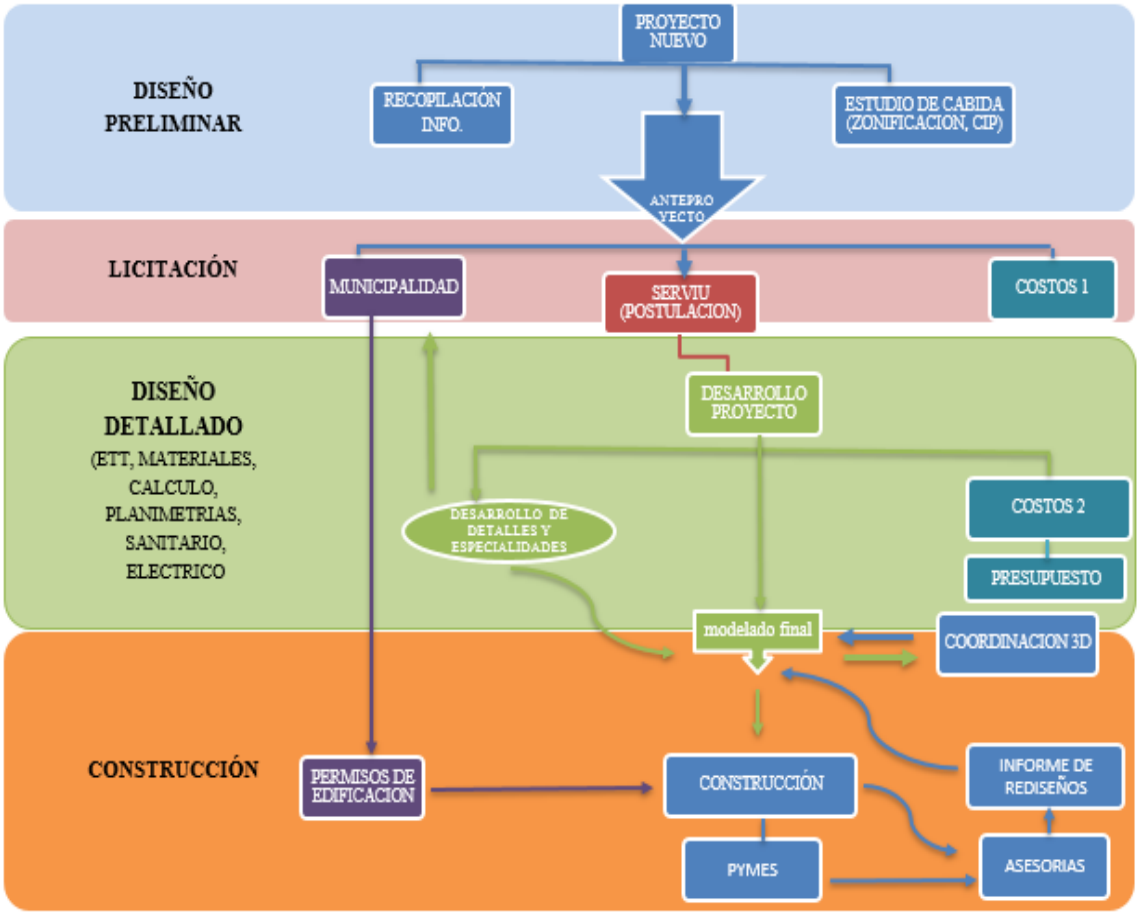



Figura 3-19 organigrama estructura implementación asesorías.

Fuente: elaboración propia.

### 3.5.7 ANALISIS ROI

Antes de poder implementar esta metodología es necesario evaluar si la inversión es rentable a través del análisis ROI (Retorno sobre la Inversión)[32] tomando en cuenta ciertos puntos clave que le darán más seguridad a la empresa la hora de poner en marcha esta metodología en este caso se hace un análisis ROI de acuerdo con los casos que está orientada esta investigación ósea para la pequeña y mediana empresa de construcción.

Según informes de autodesk acerca de la rentabilidad de sistema BIM los costos se dividen en directos e indirectos, los primeros representan la inversión realizada en licencias (suscripciones), hardware, nuevos miembros y capacitación del equipo, entre otras y que sus costos se darán a conocer en el siguiente capítulo, los costos indirectos representan las consecuencias de la pérdida de productividad en el periodo de aprendizaje y adaptación, que son mucho más complejos de valorizar.

El análisis del Retorno sobre la Inversión (ROI) combina estos factores, comparando las ganancias probables con el costo de esta inversión, y su fórmula representativa es la siguiente:

$$ROI = \frac{Ganancias}{Costos}$$

Para determinar estos factores que se vuelven más complejos a medida que se consideran más variables se tomó como pauta "Rendimiento de la Inversión con BIM" (Autodesk, 2007) en él se utilizan variables relacionadas con los costos del sistema, el aprendizaje y el sistema general de ahorro productivo:

$$ROI = \frac{\left(B - \left(\frac{B}{1 + E}\right) \times (12 - C)\right.}{A + (B \times C \times D)}$$

A continuación, se muestra lo que representa cada letra dentro de esta fórmula más desglosada.

[32] Fuente: autodesk 2007

A = Coste de hardware, software y otros. [UF]

B = Coste mensual de mano de obra [UF]

C = Tiempo de formación. [meses]

D = Pérdida de productividad durante la formación. [%]

E = Aumento de productividad después de la formación. [%]

Las ganancias provienen del aumento de productividad que generan los miembros de la empresa a través de esta metodología y del tiempo que se tiene para implementarla.

$B-(B/1+E)$: Representa el incremento mensual de la productividad.

$(12-C)$: Representa el número meses al año que ya no se está en formación.

En la variable costos, por otro lado, se incluyen los costos del sistema y los costos por la pérdida de productividad de los miembros del equipo, mientras se adaptan a la nueva forma de trabajo.

Es importante destacar que el tiempo de formación, no es el tiempo de capacitación, sino el tiempo que tarda un usuario en alcanzar el nivel de productividad que tenía en el sistema anterior.

El valor esperado de crecimiento de productividad utilizado en esta investigación proviene resultados publicados por (Autodesk) y que se escogió como valor referencial un crecimiento del 25% tomando uno de los escenarios más pesimistas y que van acorde a esta investigación. Por lo tanto, se recomienda que los resultados del ROI son fundamentales junto con el cálculo de variables financieras como el VAN, a la hora de implementar esta metodología.

### 3.5.8 PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN PARA LA METODOLOGÍA BIM PARA LA PYMES DE CONSTRUCCIÓN.

Apoyados por el texto Matriz de madurez de modelado de información de construcción (succar 2009) se ha generado un flujo de información final contemplando la estructura de sistema BIM como metodología donde congenian sus 3 áreas tecnología procesos y organización o política el primer paso es identificar qué motivó a la empresa a tomar la decisión de implementar BIM. El objetivo de esta etapa es comunicar a toda la compañía la decisión tomada y su motivo, para que de esta manera todos los involucrados conozcan hacia dónde se dirige la implementación.

**La segunda** etapa de esta metodología es definir los objetivos de la implementación, donde se debe fijar objetivos de corto y largo plazo.

**La tercera** etapa es definir el equipo estratégico que guiará la implementación, la implementación de BIM no se logrará de manera correcta sin un equipo de personas que establezca los fundamentos de la implementación en base al beneficio global de la empresa. Este equipo depende de cada empresa y debe adecuarse a su realidad; lo que se busca es abarcar a todas las áreas que se pueden ver beneficiadas por la implementación de BIM.

**La cuarta** etapa es realizar un levantamiento de los procesos relacionados a los objetivos, se debe llevar a cabo un diagnóstico y evaluación de la situación actual. De esta manera es posible analizar los procesos e identificar los principales focos de mejora.

**La quinta** etapa busca seleccionar los usos BIM acorde con los objetivos seleccionados y los procesos levantados en la etapa anterior, al momento de seleccionar estos usos se debe definir el alcance o nivel de detalle con que se desea trabajar en los modelos por ejemplo en el caso de pyme de construcción lo principal es la interpretación en 3D pero con cada proyecto se debe decidir si los modelos serán a nivel de obra gruesa o se piensa incluir las instalaciones y terminaciones, y si se hará para toda la obra o para sectores definidos.

**La sexta** etapa es planificar cómo se llevará a cabo el proceso de adopción de los usos seleccionados, se recomiendan implementar BIM mediante equipos paralelos ya que de esta forma no se pone en riesgo el éxito del proyecto. Sin embargo, esta decisión depende de la realidad de cada empresa y del alcance de la implementación.

**La séptima** etapa corresponde a definir la plataforma tecnológica para implementar los usos seleccionados, es necesario seleccionar el tipo de software que se utilizará para la implementación considerando la relación entre las funciones del software y los usos BIM elegidos.

**La octava** etapa es estructurar el equipo operacional, será necesario analizar las competencias que cada integrante debe tener, para comprobar si es necesario realizar cursos de capacitación o contratar nuevo personal.

**La novena** etapa se refiere a definir en detalle los flujos de trabajo para los usos BIM, debido que para el éxito de la implementación se requieren cambios significativos en la forma de trabajar de casi todos los niveles. Es por esto por lo que se deben diseñar nuevos procesos de trabajo, alineados con las decisiones tomadas con anterioridad y donde los roles y responsabilidades queden completamente claros desde un inicio, debido a que el trabajo en base a BIM exige un intercambio de datos e información mucho mayor a lo tradicional.

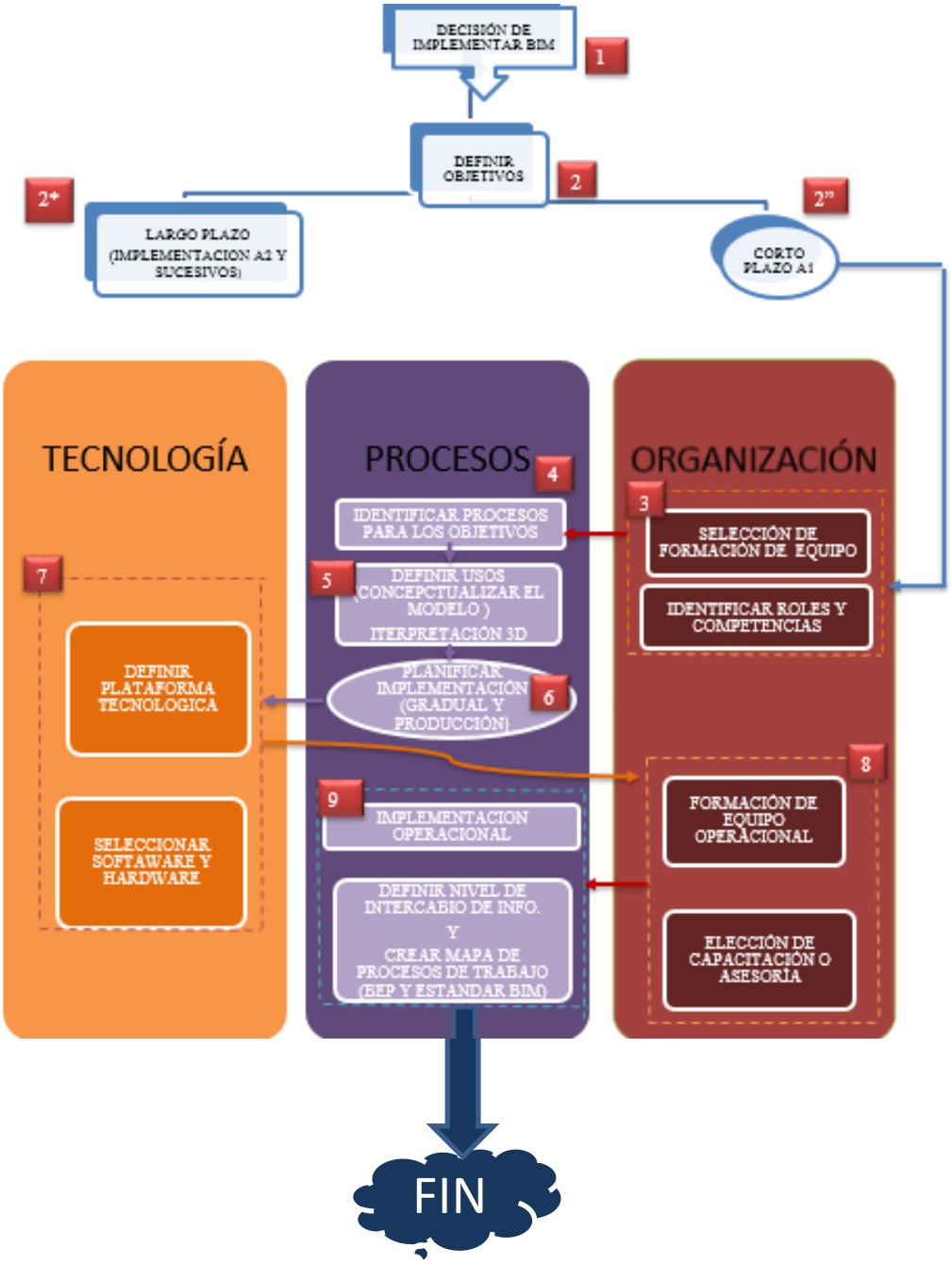



Figura 3-20 organigrama pasos implementación.

Fuente: elaboración propia

### 3.5.9 Elección Del Método A Implementar

| METODO | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|---|
| IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGIA BIM | Bajo costo de mantención.<br><br>Centro de interpretación.<br><br>Abre la posibilidad de crear una base de modelos propios que se puede ir ajustando al sistema de gestión o al modelo de diseño que se esté trabajando. | Alto costo de la aplicación<br><br>Requiere de inversión en tecnología y procesos y capacitación calificada para establecer los flujos de información y mantenimientos del sistema<br><br>al principio se limitaría en cuanto a la elección de un modelo particular que sería genérico para los proyectos |

| METODO | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|---|---|
| CONTRATACIÓN DE ASESORIAS | Bajo costo de implementación para la pyme<br><br>No se requiere de servidor propio y de personal para el soporte y mantenimiento de los sistemas<br><br>Dispone de una variedad de modelos que se ajustan al sistema de gestión o el modelo de diseño. | El acceso a los archivos y documentos depende de una buena comunicación entre la oficina de servicios y el cliente, por lo que no es directa para el Mandante<br><br>Se limita en el tiempo de respuesta debido a que los cambios los debe realizar la asesoría. |

Ya visto todo lo necesario para poder implementar esta metodología independientemente de la elección que se escoja se recomienda como primera instancia o experiencia escoger la modalidad “contratación de un proveedor de servicios especializados”, puesto que de esta manera se puede tantear primero el terreno frente a lo que se vine y puede servir como base para una mejor organización de la implementación y evitar generar pérdidas de tiempo asociadas a la conformación de un equipo que se adecue a la aplicación de la tecnología, donde de igual manera es posible tener una primera impresión sobre la experiencia adquirida. En este caso, la empresa de coordinación o gestión de proyectos BIM se encargaría de solucionar todos los requisitos técnicos y operativos con el fin de garantizar la calidad y entrega de lo requerido. Una vez contado con una primera experiencia, y obtenido resultados favorables, es posible adquirir el software más adecuado y finalmente acercarse a instancias de mayor desarrollo de la herramienta.

# CAPÍTULO IV

# COSTOS SOBRE LA IMPLEMENTACION DE METODOLOGIA BIM

## 4.1 COSTOS DE TECNOLOGÍA

El primer punto abordar sobre costos para la implementación de BIM es el punto de las herramientas necesarias para poder llevar a cabo esta metodología a continuación se mostrará una tabla con los costos de software y hardware.

Hay que recordar que existen 2 versiones una básica Revit lt y una versión más completa y una gran cantidad de empresas que se dedican a vender este tipo de licencias. Actualmente existe una licencia que sirve para 3 equipos, pero es para el software completo Revit, así como combos que van para mayor tiempo de uso se obtuvo la información de costos con la consultora de arquitectura MONTE ALEGRE Y BEACH, CAZAUX Y GUZMÁN, COMGRAP, MIGEO, LICOEC Y AUTODESK.

### USOS

| REVIT | REVIT LT |
|---|---|
| USAR PARA:<br>• Modelado de componentes de construcción.<br>• Análisis y simulación de sistemas y estructuras.<br>• Iterando y visualizando diseños.<br>• Generación de documentación de diseño para fabricación o construcción. | USAR PARA:<br>• Diseñando y documentando proyectos de construcción utilizando BIM.<br>• Generando vistas 3D<br>• Produciendo entregables BIM |
| QUE HACE:<br>• Ofrece funciones BIM para diseño arquitectónico, ingeniería estructural e ingeniería y fabricación MEP.<br>• Importa, exporta y vincula datos con formatos que incluyen IFC, DWG ™ y DGN<br>• Incluye herramientas para:<br>  • Visualización de diseño 3D<br>  • Detalle de refuerzo.<br>  • Vinculación con detalles de acero. | QUE HACE:<br>• Modelado 3D en BIM<br>• Documentación de diseño<br>• Diseño de intercambio de archivos con usuarios del software Revit. |

Figura 4-1 usos Revit.

Fuente: AUTODESK.

**COSTO LICENCIAS O SOFTWARE.**

| LICENCIA REVIT LT 2019 IVA INCLUIDO | $ | UF |
|---|---|---|
| 1 AÑO MONO PUESTO | $414.835 | 15.08 UF |
| 2 AÑO MONO PUESTO | $828.835 | 30.13UF |
| 3 AÑOS MONO PUESTO | $1.243.669 | 45.2UF |
| 1 MES MONO PUESTO | $40.500 | 1.5UF |

Tabla 4-1 costos Revit lt.

| LICENCIA REVIT 2019 IVA INCLUIDO | $ | UF |
|---|---|---|
| 1 AÑO MONO PUESTO | $1.664.334 | 60.52 UF |
| 2 AÑO MONO PUESTO | $2.954.326 | 109.4UF |
| 3 AÑOS MONO PUESTO | $4.536.664 | 168UF |
| 1 AÑO MULTIPUESTO | $4.016.100 | 146.04UF |

Tabla 4-2 costos Revit.

Fuente: monte alegre y beach.

**HARDWARE**

| HARDWARE | $ | UF |
|---|---|---|
| BASICO | $825.000 | 30 UF |
| RECOMENDADO | $1.350.000 | 49UF |
| ALTO RENDIMIENTO | $1.900.000 | 69UF |

Tabla 4-3 costos hardware.

Fuente: monte alegre y beach.

**REDES**

para la implementación A1 junto con la adquisición del software viene a360, pero para la implementación A2 se mejora el servicio A360 por alrededor de $ 9.900 pesos mensuales, que serían 0,36 UF. Incluye 500 GB de almacenamiento por usuario, colaboración en equipo basada en proyectos, controles de acceso por usuario y proyectos ilimitados, este servicio se llama Team BIM 360. Esta mejora es solo para el arquitecto, coordinador BIM y si fuera necesario al modelador BIM.

| REDES | $ | UF |
|---|---|---|
| TEAM BIM360 | $9.900 | 0.36UF |

Tabla 4-4 costos redes.

Fuente: monte alegre y beach.

## 4.2 Costos De Capacitación

| EMPRESA | $ | UF |
|---|---|---|
| CORFO | $114.000 | 4.14UF |
| COMGRAP | $260.000 | 9.46UF |
| CURSO UBB | $160.000 | 5.8UF |

Tabla 4-5 costos capacitación.

Fuente: monte alegre y beach.

## 4.3 COSTOS DE EQUIPO DE TRABAJO

| PROFESIONAL | $/MES | UF/MES |
|---|---|---|
| COORDINARO BIM | $1.300.000 | 47.27UF |
| DIBUJANTE PROYECTISTA | $800.000 | 29UF |
| MODELADOR BIM | $1.000.000 | 36.36UF |

Tabla 4-6 costos equipo de trabajo

Fuente: monte alegre y beach.

## 4.4 RESUMEN DE IMPLEMENTACION A1 PARA UN AÑO.

Se escogerá la licencia Revit lt para la implementación A1 que para la versión básica solo se encuentra en mono puesto con un año de duración, así como la configuración recomendada de hardware para no volver a invertir en caso de querer avanzar en la implementación de BIM también se necesita la capacitación de un coordinador BIM y como mínimo un dibujante proyectista dependiendo de las necesidades de la empresa, se escogerá el curso de la universidad del bio bio.

**COORDINADOR PROFESIONAL DE LA EMPRESA**

| ITEM | CANTIDAD | UF | TOTAL $ | TOTAL, UF |
|---|---|---|---|---|
| SOFTWARE REVIT LT | 2 | 15.08UF | $829.400 | 30.16UF |
| HARDWARE RECOMENDADO | 2 | 49UF | $2.695.000 | 98UF |
| CAPACITACION BIM U BIO BIO | 2 | 5.8UF | $319.000 | 11.6UF |
| COORDINADOR BIM | 1 | 47.27UF MENSUAL | $15.599.100 | 567.24UF |
| DIBUJANTE PROYECTISTA | 1 | 29UF MENSUAL | $9.570.000 | 348UF |
| | | **TOTALES** | $29.012.500 | 1.055UF |

Tabla 4-7 costos total 1.

En el caso que el coordinador BIM sea el mismo dueño de la empresa se podría ahorrar ese costo dejando un costo de implementación A1 que se mostrara en la siguiente tabla.

**COORDINADOR DUEÑO DE LA EMPRESA**

| ITEM | CANTIDAD | UF | TOTAL $ | TOTAL, UF |
|---|---|---|---|---|
| SOFTWARE REVIT LT | 2 | 15.08UF | $829.400 | 30.16UF |
| HARDWARE RECOMENDADO | 2 | 49UF | $2.695.000 | 98UF |
| CAPACITACION BIM U BIO BIO | 2 | 5.8UF | $319.000 | 11.6UF |
| DIBUJANTE PROYECTISTA | 1 | 29UF MENSUAL | $9.570.000 | 348UF |
| | | **TOTALES** | $13.413.400 | 487.76 |

Tabla 4-8 costos total 1*

Fuente: elaboración propia.

Se recomienda que el propio dueño de la empresa sea el capacitado para ser el coordinador BIM.

## 4.5 RESUMEN DE IMPLEMENTACION A2 PARA UN AÑO.

En el caso que se requiera avanzar a la capacitación A2 se requerirá mejorar del servicio a 360 por un monto de 0.36 uf mensuales y se recomienda agregar un nuevo profesional que es el modelador BIM que es una ayuda para el coordinador y puede ser capacitado o contratado directamente de todas formas este profesional es opcional y dependerá de la complejidad de los proyectos abordados, los detalles se mostraran continuación.

## COORDINADOR PROFESIONAL DE LA EMPRESA

| ITEM | CANTIDAD | UF | TOTAL $ | TOTAL, UF |
|---|---|---|---|---|
| SOFTWARE REVIT LT | 3 | 15.08UF | $1.244.100 | 45.24UF |
| SERVICIO TEAM BIM 360 | 3 | 0.36UF MENSUALES | $356.400 | 12.96UF |
| HARDWARE RECOMENDADO | 3 | 49UF | $4.042.500 | 147UF |
| CAPACITACION BIM U BIO BIO | 3 | 5.8UF | $478.500 | 17.4UF |
| COORDINADOR BIM | 1 | 47.27UF MENSUAL | $15.599.100 | 567.24UF |
| DIBUJANTE PROYECTISTA | 1 | 29UF MENSUAL | $9.570.000 | 348UF |
| MODELADOR BIM | 1 | 36.36UF MENSUAL | $11.998.800 | 436.32UF |
| | | **TOTALES** | $43.289.400 | 1574.16UF |

Tabla 4-9 costos total 2

Fuente: elaboración propia.

**COORDINADOR DUEÑO DE LA EMPRESA**

| ITEM | CANTIDAD | UF | TOTAL $ | TOTAL, UF |
|---|---|---|---|---|
| SOFTWARE REVIT LT | 3 | 15.08UF | $1.244.100 | 45.24UF |
| SERVICIO TEAM BIM 360 | 3 | 0.36UF MENSUALES | $356.400 | 12.96UF |
| HARDWARE RECOMENDADO | 3 | 49UF | $4.042.500 | 147UF |
| CAPACITACION BIM U BIO BIO | 3 | 5.8UF | $478.500 | 17.4UF |
| DIBUJANTE PROYECTISTA | 1 | 29UF MENSUAL | $9.570.000 | 348UF |
| MODELADOR BIM | 1 | 36.36UF MENSUAL | $11.998.800 | 436.32UF |
| | | **TOTALES** | $27.690.300 | 1006.92UF |

Tabla 4-10 costos total 2*.

Fuente: elaboración propia.

Asumiendo que la implementación a seguido los pasos correspondientes los costos finales de implementación serían los siguientes.

| IMPLEMENTACION | COORDIANDOR EMPLEADO | CORDINADOR DUEÑO |
|---|---|---|
| A1 | 1055 UF | 487.76UF |
| A2 | 1574.16UF | 1006.92UF |
| TOTAL | 519.16UF | 519.16 |
| PESOS | $14.276.900 | $14.276.900 |

Tabla 4-11 costos totales

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, pasar a la fase A2 independiente de la formación de su coordinador estaría costando 519.16UF aproximadamente debido a las mejoras antes mencionadas y asumiendo que se necesitara el modelador BIM.

### 4.6 Costos implementación B

para los costos de la implementación B se tomó como base los costos de asesoría proporcionado por la consultora de arquitectos monte alegre y beach el cual consiste en un conjunto habitacional de 47 casa más una sede social siendo uno de los principales proyectos a los que optan las pymes y es participante del DS19 (integración social) por lo tanto es un proyecto el cual las pymes construcción habitúan a postular.

Los costos se dividen en 3 fases que considera la consultoría modelación 3D, movimiento de tierras y detección de interferencias.

**ANTECEDENTES PROYECTO.**

| TIPO | NUMERO | M2 |
|---|---|---|
| CASAS A | 22 | 57M2 |
| CASAS B PAREADAS | 25 | 120M2 |
| SEDE SOCIAL | 1 | 120M2 |
| TOTAL | 48 | |
| | | 4.374M2 |

Tabla 4-12 antecedentes proyecto.

Fuente: elaboración propia.

| FASE | Punto A | UF | $ |
|---|---|---|---|
| **MODELACION 3D** | Arquitectura | 12.6UF | |
| | Calculo estructural | 10.12UF | |
| | Climatización | 5.06UF | |
| | Alcantarillado | 7.6UF | |
| | Agua potable | 7.6UF | |
| | Electricidad | 5UF | |
| | Retiro de escombros | 2.42UF | |
| | **TOTAL** | **50.4UF** | |
| **MOVIMIENTOS DE TIERRA** | Topografía y cubicación excavación | 20.3UF | |
| | movimientos de tierra y modelo de representación grafica | 20.3UF | |
| | Obras exteriores (pavimentación escarpe etc.) | 40.6UF | |
| | **TOTAL** | **81.2UF** | |
| **INTERFEENCIAS** | Interferencias entre arquitectura estructura e instalaciones | 45.6UF | |
| | **TOTAL** | **45.6UF** | |
| | | | |
| | **TOTAL, DEL PROYECTO** | **177.2UF** | $4.873.300 |
| | | | |

Tabla 4-13 costos asesoría.

Según la cotización se puede apreciar que la consultoría tiene un valor de 177.2UF donde el promedio por cada 1000m2 de este proyecto sería de 40.5 UF y el valor del metro cuadrado seria 0.04UF, estando dentro del rango de UF que se cobra por asesorías el cual sería entre las 25UF y las 50 UF cada 1000m2 según las empresas entrevistadas.

## 4.7 Análisis de retorno de inversión ROI

Anteriormente se mencionó que un factor importante era realizar un análisis ROI sobre la implementación el cual pasaremos a realizar para cada caso propuesto de implementación tomando como base los peores escenarios posibles con 6 meses de capacitación 50%.de pérdida de productividad y 25 % de aumento de productividad obtenido de autodesk.

**Formula.**

$$ROI = \frac{\left(B - \left(\frac{B}{1 + E}\right) \times (12 - C)\right.}{A + (B \times C \times D)}$$

**Factores.**

| FACTORES | | VARIABLES |
|---|---|---|
| A | COSTO DE TECNOLGIA | [UF] |
| B | COSTO EQUIPO DE TRABAJO | [UF] |
| C | TIEMPO DE CAPACITACION | [meses] |
| D | PERDIDA DE PRODUCTIVIDAD (CAP) | [%] |
| E | AUMENTO PRODUCTIVIDAD (DESP. CAP) | [%] |

Tabla 4-14 factores ROI.

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos ROI implementación A1 (coordinador profesional de la empresa)**

| IMPLEMENTACION | FACTOR A | FACTOR B | FACTOR C | FACTOR D | FACTOR E | ROI % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 139.76 UF | 76.27UF | 6 MESES | 50% | 25% | 25.18% |
| A2 | 222.6UF | 112.63UF | 6 MESES | 50% | 25% | 24.6% |

Tabla 4-15 ROI A1 -1

Fuente: elaboración propia.

**Cálculos ROI implementación A1 (coordinador dueño de la empresa)**

| IMPLEMENTACION | FACTOR A | FACTOR B | FACTOR C | FACTOR D | FACTOR E | ROI % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 139.76 UF | 29UF | 6 MESES | 50% | 25% | 15.3% |
| A2 | 222.6UF | 65.36UF | 6 MESES | 50% | 25% | 18.7% |

Tabla 4-16 ROI A1 -2

Según el análisis ROI calculado en todas las implementaciones, tienen una tasa mayor a 0 por lo tanto todas dejan rentabilidad y demuestra que es una metodología que lo que busca es la optimización de recursos, sin embargo llama la atención que el ROI de la implementaciones coordinados con los profesionales de la empresa ósea con profesionales los cuales se gastó en capacitación y sueldos mensuales sea mayor al retorno generado por la implementación coordinada por el propio dueño que se capacito y se ahorraría el sueldo

de coordinador BIM, esto tiene una explicación y es que en el ROI las ganancias provienen del aumento de productividad que generan los miembros de la empresa a través de esta metodología y en el cálculo del dueño de la empresa le estamos quitando un profesional por lo tanto baja la productividad y no se considera como un ahorro, pero lo importante es que con este cálculo podemos ver que un principio exista una pérdida de productividad, pero a medida que aumenta el aprendizaje, la tendencia es a obtener ganancias.

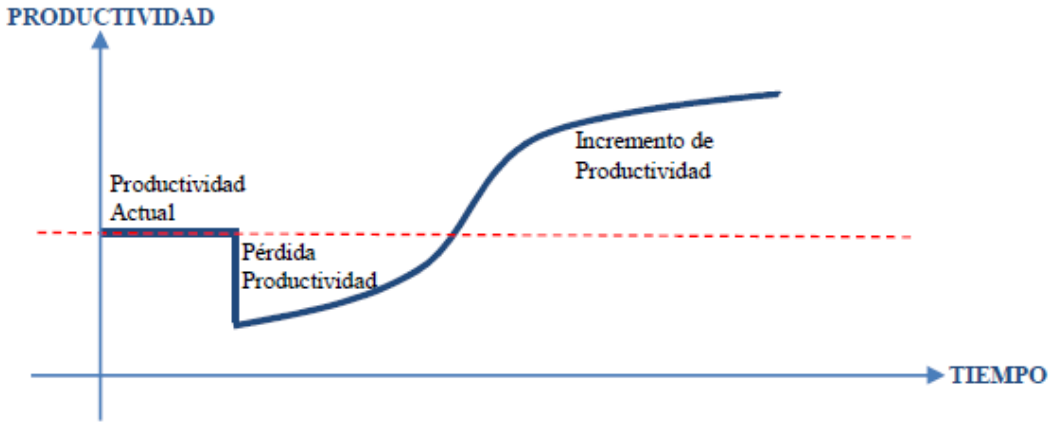



Figura 4-2 usos productividad.

Fuente: potencialidades de sistema BIM

Por otro lado, según la tesis potencialidades de sistema BIM la implementación de esta metodología tendría aproximadamente los siguientes benéficos en la productividad.

1. Eliminación de hasta un 40% de los cambios no presupuestados (imprevistos).

2. Reducción de hasta el 80% del tiempo empleado para generar una estimación de los costos.

3. Ahorro de hasta un 10% del valor del contrato a través de detecciones de interferencias y conflictos.

4. Reducción de hasta el 7% en el tiempo del proyecto.

## CONCLUSIONES.

Según los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir que el principal problema con la implementación del PLAN BIM 2020 está ligado a acciones que ha tomado el gobierno frente a los índices de cesantía que han disminuido en términos comparativos desde el año 2017 a 2018 donde se muestra una alza de personas ocupadas en el área de la construcción y también un alza en el porcentaje de trabajadores independientes impulsado por el DS19, DS116 lo cual genero un aumento de creación de pequeñas y medianas empresas que tienen la capacidad adquisitiva y la experiencia para llevar a cabo este tipo de contratos públicos aumentado el desarrollo, la plusvalía de sectores rurales y ayudando a la integración social en diferentes comunas.

Este desarrollo se podría ver afectado negativamente con el plan de implementación BIM para el año 2020 donde muchos de estos dueños de pequeñas y medianas empresas no han recibido información sobre esta metodología o simplemente se tiene un paradigma de cómo hacer y ejecutar las cosas, sumando a esto un riesgo financiero considerable para pyme de construcción, es por esto que esta investigación ha buscado ayudar a la pequeña y mediana empresa de construcción en la región del bio bio a través de una encuesta y la entrega de un resumen ejecutivo con todos los porvenir del programa construye 2025 como también una reseña de que es la metodología BIM como se beneficiaran y que es lo que se busca con esta implementación y un análisis de costos con las condiciones mínimas de implementación.

También se puede concluir que a pesar de que el plan BIM genera mucha incertidumbre a la pequeña y mediana empresa esta implementación genera un gran abanico de oportunidades debido a que la pequeña y mediana empresa pueden reaccionar más rápido y son relativamente más sensibles al cambio, como también tendrán nuevas oportunidades de trabajo colaborando y teniendo participación de grandes proyectos los cuales ayudarán a aumentar la plusvalía de la pequeña y mediana empresa entre otros, los cuales se pueden apreciar a través del análisis FODA creado en esta investigación para las pymes de construcción de la región del bio bio.

Frente a la implementación propuesta en esta investigación se puede decir que se necesitan ciertos requisitos previos a esta implementación para poder asegurar que esta sea exitosa, se debe considerar que está pensada para una estructura organizacional tradicional, también que el flujo de información es circular, redefinir las responsabilidades de los profesionales involucrados y que se debe capacitar el equipo que participara de la implementación debido a que se necesita personal que sepa tanto del área constructiva como del área tecnológica para lograr aprovechar el máximo potencial de BIM, también se debe tener claridad que el principal cambio en la pyme de construcción está dada en el área tecnológica donde será un punto fuerte de inversión debido a que en un comienzo solo necesita de la interpretación 3D para luego decidir de forma personal si está dispuesto a tener mayores cambios frente a otras áreas más profundas de esta metodología, también aparecerá el coordinador BIM que será uno de los principales focos de capacitación y es necesario que la empresa tenga claro el objetivo y la decisión del porque se está realizando este cambio lo cual facilitara esta implementación.

Debido a que es un cambio importante, este se debe planificar de forma gradual considerando los 3 engranajes de BIM que serían la tecnología, los procesos y la política donde la implementación se divide en una implementación A1 que consiste en la interpretación del 3D y una consecutiva que es opcional denominada A2 que da un paso adelante sobre el flujo de información como también hay una implementación B que es para las pymes que deseen asesorías, todas estas implementaciones están analizadas desde el punto de vista de retorno de inversión lo que nos permito identificar que BIM es una metodología que se basa en el número de participantes capacitados esto quiere decir que a mayor número de profesionales capacitados mayor será mi ROI.

También se creó una planificación para las pymes de construcción de la región del bio bio que va desde tomar la decisión de implementar BIM hasta la creación de un mapa de procesos de trabajo acompañado por un FODA dependiendo de la elección de la implementación seleccionada.

Por último se puede concluir que para la implementación de la metodología BIM que viene dentro del programa construye 2025 focalizada en la pyme de construcción de la región del bio bio, se podría generar tres escenarios futuros donde una de las posibilidades seria que la metodología no tuviera la adopción esperada y fracasara su implementación

pasando como una sombra como muchas otras tecnologías que no han tenido éxito, la segunda posibilidad es que la metodología sea muy bien recibida teniendo un éxito completo dentro de todas las expectativas esperadas y no presentando mayores complicaciones al momento de poner en marcha esta nueva forma de hacer las cosas en el área de la construcción, por ultimo tenemos una tercera posibilidad que sería un punto intermedio donde un porcentaje de las pymes adoptarían BIM y otras no, generando un nuevo nicho de oportunidades para que nuevas empresas con personal capacitados y profesionales actualizados reemplacen al porcentaje de pymes que no adopten la tecnología siendo la opción más probable según mi criterio.

Frente a la región de bio bio se espera que la implementación de la metodología BIM tenga una buena acogida debido a los resultados obtenidos en esta tesis, donde se detectó un porcentaje aceptable de disponibilidad frente al cambio, como también se considera que concepción es una ciudad donde el número de universidades es altísimo originando un flujo de información importante frente a nuevas tecnologías y facilitando la capacitación necesaria para poder implementar la metodología BIM. Por último, para las empresas que no decidan seguir el camino BIM en esta tesis se la da la solución a través de consultorías o simplemente puede trabajar para el ámbito privado donde no le exijan BIM, se espera que esta investigación sea de ayuda como guía para las pymes que deseen pasar a la metodología BIM el próximo año y contribuya a la implementación de esta en la región del bio bio.

**BIBLIOGRAFÍA**

➨Rodolfo Saldias Silva "ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA COORDINACIÓN DIGITAL DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍAS BIM" Tesis Universidad de Chile, Santiago, Chile 2010.

➨Autodesk "libro de ejercicios para implementar proyectos piloto de BIM" 2014.

➨Revista de investigación.
Link:http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/viewFile/672/526

➨ Libro de ejercicios para implementar proyectos piloto de BIM autodesk.com
Link: http://static-dc.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/test-drivebim-
q3/bds/latam/aec-test-drive-bim-deployment-workbook-esp.pdf

http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2011/cf-hernandez_ns/pdfAmont/cfhernandez_ns.pdf

➨Libro BIM manual: una guía para la construcción de modelado de información para los propietarios, gerentes, diseñadores, ingenieros y contratistas
ingles: BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors
link:https://www.academia.edu/3183272/BIM_handbook_A_guide_to_building_information_modeling_for_owners_managers_designers_engineers_and_contractors

➨Revista Bit edición: numero 103 Julio- agosto 2015, Numero 100/ Enero Febrero 2015 (modelo en expansión), Numero 85/ Julio-agosto 2012 (desarrollo en BIM), numero 75 / Noviembre-diciembre 2010 (más que 3D),

Número 68 / septiembre 2009 (aplicaciones de bim herramientas modelos).

➨BIM_en_el_gerenciamiento_de_proyectos_Mauricio_Heyermann.

➨Conceptos_generales_avances_herramientas_bim-vivian_cardet.

➨Encuesta_Nacional_BIM_2016.

➨Planificacion_Carolina_Tapia_CDT.

➨Revision_coordinacion_proyectos-ignacio_vial.

➨https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Estudios/SE/BDP/IED.html estadística banco central (

➨https://www.elmostrador.cl/media/2017/12/mach-47-05-diciembre-2017-ok.compressed.pdf (pib)

➨http://movil.fen.uchile.cl/uploads/images/files/Presentaci%C3%B3n%20IMD%202018%201%20prensa.pdf

➨ (INFORME DE COMPETITIVIDAD 2018)

http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/indice-costo-de-edificacion-en-altura

➨imacon (Índice Mensual de Actividad de la Construcción )

http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/inversion-en-construccion

➨indicadores de inversion construccion.

http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/inacor

➨inacor índice Índice de Actividad de la Construcción Regional

http://www.cdt.cl/informe-de-productividad/

➨Informe de productividad de chile em la construccion.

➨Autodesk. (2007). *grupoabstract.com*. Obtenido de El rendimiento de la inversión con BIM: http://www.grupoabstract.com/pdfs/BIM_Rendimiento.pdf

➨BIM Forum Chile.

➨Succar, B.2010 y 2016. Building Information Modelling Maturity Matrix. En J. Underwood, & U. Isikdag,

# ANEXOS

**Modelo de encuesta y resumen ejecutivo.**

## Encuesta sistema BIM para pymes en la región del Bio Bio.

Rellenando esta breve encuesta, ayudará a obtener mejores datos para la tesis de implementación de BIM en la pequeña y mediana empresa en la región del bio bio.

**1.Nombre de la empresa.**

**2.Rut empresa.**

**3.Nivel de estudios.**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta.*

- ○ experiencia y capacitaciones
- ○ técnico nivel superior o universitario
- ○ profesional del área de la construcción

**4.Rango de UF a la que pertenece su empresa.**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- ○ Desde 2400.01 UF a 25.000 UF y/o entre 10 -25 trabajadores
- ○ Desde 25000.01 UF a 100.000 UF y/o entre 26 -200 trabajadores
- ○ Otro: [ ]

**5. ¿Qué tipo de contrato utiliza generalmente?**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- ○ Público
- ○ Privado

**6. ¿A escuchado de sistema BIM?**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta (Si la respuesta es sí responder pregunta numero 7)*

- ○ Si
- ○ No

**7. ¿A través de qué medio a escuchado de sistema BIM?**

**8. ¿En qué nivel de adopción de uso de BIM se clasifica?**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- ○ No usuario
- ○ Usuario ocasional (usado en un par de proyectos)
- ○ Usuario indirecto (usado a través de una empresa externa de modelación BIM)
- ○ Usuario regular

**9. Nivel de uso de AutoCAD**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

- ○ No usa AutoCAD
- ○ AutoCAD + 3d
- ○ AutoCAD

**10 ¿Ha escuchado del programa construye 2025 que Incorpora el plan BIM 2020?**

Instrucciones de pregunta: *Seleccione una respuesta*

○ SI

○ NO

**11. Sabe que el sistema BIM es obligatorio desde el 2020 para contratos públicos?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

○ SI

○ NO

**12. ¿Considera necesario sistema BIM para la actividad que ejecuta en su empresa?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta, Si la respuesta es no responder pregunta 12.

○ SI

○ NO

**13. ¿Razones de no uso?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una o más respuestas

- ☐ *Falta personal calificado*
- ☐ *Licencias muy caras*
- ☐ *Tengo las herramientas suficientes*
- ☐ *No es necesaria en mi trabajo*
- ☐ *Falta de tiempo para implementar*

**14. ¿Considera que BIM solo es necesario en proyectos complejos?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

- ○ SI
- ○ NO

**15. ¿Considera que hay escasez de profesionales con conocimientos BIM?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

○ SI
○ NO

**16. ¿Estaría dispuesto a implementar sistema BIM en su empresa?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta

○ SI
○ NO

**17. ¿Estaría dispuesto a capacitar a su personal o contratar personal nuevo calificado?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una respuesta (si contesta numero 3 responder pregunta 18)

☐ *1.Contrataría solo personal calificado*

☐ *2.Contrataría personal calificado, pero me capacitaría yo*

☐ *3.Capacitaría a mi personal*

**18. A cuantos profesionales estaría dispuesto a capacitar?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una o más respuestas

- ☐ *Usted mismo*
- ☐ *2 profesionales*
- ☐ *3 o màs*

**19. ¿Quién sería el coordinador BIM en su empresa?**

Instrucciones de pregunta: Seleccione una o más respuestas

- ☐ *Usted mismo*
- ☐ *Un profesional del área de la construcción de su empresa*
- ☐ *Contrataría un profesional capacitado*

## Resumen ejecutivo

### ¿Qué es BIM?

El sistema BIM es un software computacional que permite modelar diferentes proyectos de construcción y sus siglas significan Building Information Modeling (modelado de la información de la edificación). Este software busca hacer la información del proyecto coordinada, coherente, computable y continua, Mientras que el programa de CAD utiliza sólo geometría en 2D o 3D sin diferenciar los elementos, el programa BIM utiliza bibliotecas de objetos Inteligentes y Paramétricos interpretando las interacciones lógicas entre los diferentes tipos de objetos y almacena la información referente a estos objeto se suele confundir modelos 3D (maquetas electrónicas) con un modelo de información BIM, además de ser un modelo en tres dimensiones (información gráfica) se le puede incorporar información relevante del proyecto como datos cuantitativos (cubicaciones especificaciones técnicas, Líneas de tiempo etc.)

### Actualidad en chile.

La globalización ha tenido una fuerte influencia en el desarrollo tecnológico y ha obligado a que los diversos rubros productivos modernicen sus procesos de manera que las inversiones de extranjero en chile no generen desventajas competitivas para el mercado interno. Según cifras del banco central el flujo de inversión extranjera[1] directa (IED) en el primer cuatrimestre del 2018 es de 8475 millones de dólares, Por lo tanto, chile ha subido 24.7% con respecto a todo el año 2017, esto demuestra que el crecimiento de inversión extranjera en chile cumple con los estándares de inversión para empresas extranjeras lo que conlleva a un mayor desarrollo en la implementación de tecnología y optimización de procesos.

Es por esto que nuestro país ha optado por dejar la metodología convencional y optar por un cambio de modernización a través del programa construye 2025 en la implementación para el plan BIM 2020 que tiene como objetivo que todos los organismos públicos que tienen que ver con el área de la construcción implanten esta tecnología. Si bien es cierto que la tecnología BIM viene en reemplazo metodológico en la forma de hacer las cosas en el área de la construcción, no hay un claridad si es que esta tecnología podrá insertarse completamente en nuestro país y si

realmente es necesario que todas las áreas de la construcción lo necesiten, es aquí donde sale la interrogante de la pequeña y mediana empresa la cual se debe clasificar por tipo caracterización pudiendo ser del tipo que es más técnica o a nivel de importancia de proyecto, generalmente liderada por un constructor civil o un profesional del área, como también puede ser del tipo que realiza labores auxiliares entre otras, los cuales del punto de vista sociotécnico estarían enfrentando un cambio que pudiere ser innecesario para este tipo de labores.

**¿Qué es el programa construye 2025?**

El Programa Construye2025 es una estrategia nacional que tiene el objetivo de transformar la forma de construir edificaciones en Chile, para mejorar la productividad de la industria de construcción en toda su cadena de valor y generar un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad, considerando el impacto del ciclo de vida del inmueble y el bienestar de las personas.

Para lograr lo anterior, coordinaremos y articularemos la participación de actores relevantes, la provisión de bienes públicos, la generación de iniciativas innovadoras y las mejoras regulatorias necesarias, propiciando a la vez un cambio cultural en torno al valor de la sustentabilidad.

¿**Qué es plan BIM 2020?**

Es un proyecto que busca incrementar la productividad y sostenibilidad de la industria de la construcción, mediante la incorporación de metodologías y tecnologías avanzadas de información, considerando todas las etapas de los proyectos desde el diseño hasta la operación.

Éste es un plan a 10 años que tiene como uno de sus hitos relevantes lograr la exigencia de BIM para proyectos públicos en el año 2020, generándose un proceso gradual con anterioridad a esa fecha. Actualmente este plan está siendo articulado por Corfo en conjunto con los ministerios de: Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Economía y Hacienda, además de la Cámara de la Construcción y el Instituto de la Construcción.

**COSTOS:**

**IMPLEMENTACION PARA LA MEDIANA EMRPESA DE CONSTRUCCION DE 25.000.01 UF A 100.000UF.**

Esta implementación está pensada en una mediana empresa de construcción la cual se puede ajustar a las necesidades cada una y por supuesto su costo varía dependiendo del tiempo y complejidad del proyecto.

**(VALOR UF: 27.539.11)**

**Costos de profesionales.** (el costo del coordinador se puede ahorrar si usted mismo es el coordinador.)

| Profesional | Cantidad | Sueldo [UF] MENSUAL | Sueldo [$] MENSUAL | Total [$] 12 MESES |
|---|---|---|---|---|
| Coordinador | 1 | 50 UF | $1.376.955.55 | 600 UF |
| Dibujantes | 2 | 31 UF | $1.707.424.82 | 744 UF |
| | | | TOTAL UF | 1344 UF |
| | | | TOTAL $ | $37.012.563.84 |

**Costos de hardware**

El costo de hardware está asociado aun pc para el máximo rendimiento del software este costo puede variar dependiendo del tipo de licencia que se necesite.

| Hardware [uf] | Cantidad | Total [UF] | Total [$] |
|---|---|---|---|
| 53 UF | 3 | 159 UF | $4.378.718.49 |

**Costos de software (licencias).**

Esta licencia tiene una duración de un año siendo la licencia más completa, también hay una licencia básica que cuesta alrededor de 10.35 UF. Permitiendo ajustar la metodología BIM a las necesidades de cada empresa.

| Software [UF] | Cantidad | Total [UF] | Total [$] |
|---|---|---|---|
| 53.75 | 3 | 161.25 UF | $4.440.681.488 |

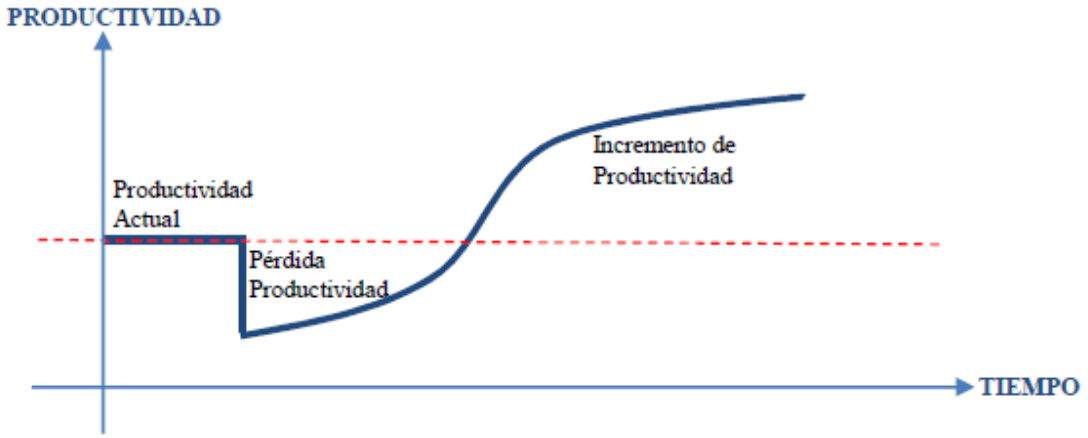
**Costo Implementación BIM para la mediana empresa.** (esta implementación es para 12 meses.)

| | Total [UF] | Total [$] |
|---|---|---|
| Profesionales | 1344 UF | $37.012563.84 |
| hardware | 159 UF | $4.378.718.49 |
| software | 161.25 UF | $4.440681.488 |
| total | 1664.25 UF | $45.831.963.82 |

**Para las empresas entre 2400.01 UF y 25.000 UF que no quieran implementar BIM pueden acceder a consultoría.**

Para las empresas entre 2400.01 y 25000 uf el valor de consultoría es de 28.45 UF cada 1000m2 Aproximadamente, su valor varía dependiendo de la complejidad del proyecto, pero por lo general debido a que estas empresas no realizan proyectos de gran problemática ese es el valor tendencial.

**Productividad implementación BIM.**




Para la implementación de BIM se necesita un periodo de capacitación alrededor de 6 meses donde los 3 primeros meses la productividad desciende a la mitad tomándole entre 4 y 6 meses volver a su punto original, donde a partir del 6 mes aproximadamente se aprecia un aumento de la productividad que puede a llegar a ser hasta del 30%.

**Carta de compromiso.**

**Yo _____, con documento de identidad _____firmo esta carta para corroborar la autenticidad de la información obtenida en esta encuesta y de haber obtenido en conformidad un resumen ejecutivo de los costos de implementación para pymes de construcción y con los porvenir de lo que sucede con la tecnología BIM en chile de aquí al 2020.**

**_____ (Firma)**