

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Construcción**

Plan de Acción para la Implementación de la Metodología BIM en las Operaciones  
de Constructora Costarricense S.A

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

César Gabriel Rodríguez Bonilla

Cartago, Junio 2019

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

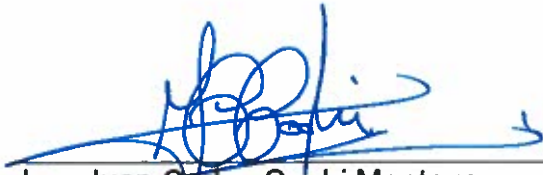
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, Ing. Milton Sandoval Quirós como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.




Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director



Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.  
Profesora Guía



Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.  
Profesor Lector



Ing. Milton Sandoval Quirós.  
Profesor Observador

# **Plan de acción para la implementación de la metodología BIM en las operaciones de Constructora Costarricense S.A**

# Abstract

This work exposes the route that is considered the company Constructora Costarricense S.A (COCOSA), must follow to implement the BIM methodology in its operations. With the help of an organization chart, a SWOT analysis and a diagram of the processes used in the company, the current working conditions were evaluated.

Parallel to this internal investigation, other activities were carried out to understand the methodology and its situation in the country, which were; the study of BIM documents, interviews with four professionals, and participation in a discussion on the subject.

According to the results obtained in the research phase, the base methodology was generated, so that any Costa Rican construction company has clear steps to follow to establish an action plan in the implementation of BIM. Subsequently, Management began to be part of the process, short and long term objectives were established, which served as a basis to establish with a technical criterion, the action plan that allows COCOSA to adopt BIM systematically.

The flow that should be followed in the new processes, the selection of the BIM tools and their associated hardware was defined. Guidelines were also provided, which will allow BIM to be implemented in the company in a gradual and systematic manner, such as the formation of a leadership team, made up of four collaborators, and it was determined that the implementation of the proposal requires a budget of \$ 21,715.00, which it is in a range considered acceptable for the national market.

Keywords: BIM, building information modeling, collaborative work, BIM implementation, construction administration.

# Resumen

Este trabajo expone la ruta, que se considera la empresa Constructora Costarricense S.A (COCOSA), debe seguir para implementar la metodología BIM en sus operaciones. Con ayuda de un organigrama, un análisis FODA y un diagrama de los procesos empleados en la Empresa, se evaluaron las condiciones de trabajo actuales.

Paralelo a esta investigación interna, se realizaron otras actividades para comprender la metodología y su situación en el país, las cuales fueron; el estudio de documentos BIM, entrevistas a cuatro profesionales, y la participación en un conversatorio sobre el tema.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de investigación, se genera la metodología base, para que cualquier empresa constructora costarricense, tenga claro los pasos a seguir para establecer un plan de acción en la implementación de BIM. Posteriormente, la Gerencia empezó a formar parte del proceso, se establecieron objetivos a corto y largo plazo, los cuales sirvieron de base para establecer con un criterio técnico, el plan de acción que le permite a COCOSA adoptar BIM de forma sistemática.

Se definió el flujo que se deberá seguir en los nuevos procesos, la selección de las herramientas BIM y su hardware asociado. También se brindaron lineamientos, que permitirán implementar BIM en la empresa en forma gradual y sistemática, como la conformación de un equipo de liderazgo, compuesto por cuatro colaboradores, y se determinó que la implementación de la propuesta requiere de un presupuesto de \$21,715.00, el cual está en un rango aceptable para el mercado nacional.

Palabras clave: BIM, modelado de la información en la construcción, trabajo colaborativo, implementación BIM, administración de la construcción.

# **Plan de acción para la implementación de la metodología BIM en las operaciones de Constructora Costarricense S.A**

CÉSAR GABRIEL RODRÍGUEZ BONILLA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio de 2019

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Dedicatoria

A mi padre y madre que, con gran sacrificio y amor, me han guiado en el camino de la vida. Brindándome ese apoyo incondicional que me ha permitido alcanzar esta gran meta. Ambos han sido ejemplo de dedicación y trabajo duro; espero con este trabajo enaltecer todo ese esfuerzo que han hecho por mí.

Dedico este trabajo, también, a todas esas personas que conocí en esta bella etapa de mi vida. A aquellos que estuvieron ahí para escucharme y darme su apoyo cuando más lo necesité: colegas de carrera, compañeros de apartamento, profesores y muchos otros. Que me permitieron encontrar un hogar fuera de casa.

# Contenido

Prefacio .....	1
Resumen ejecutivo .....	2
Introducción .....	4
Marco teórico.....	6
Metodología.....	12
Resultados.....	15
Análisis de resultados.....	29
Conclusiones.....	35
Apéndices .....	37
Anexos.....	38
Referencias bibliográficas.....	39

# Prefacio

La industria de la construcción se ha caracterizado por poseer un alto nivel de incertidumbre en el tiempo y en el costo de sus actividades. La construcción presenta atrasos respecto a otras industrias, en temas como la adopción de nuevas tecnologías. No obstante, la forma de construir está cambiando, y BIM se ha convertido en el agente principal de dicho cambio. La metodología BIM no es nueva, ya ocupa un lugar incluso político en el Reino Unido, por ser una realidad en la licitación pública.

BIM es una metodología de trabajo, que propone utilizar modelos digitales 3D, en proyectos de construcción, cuya elaboración requiere de la presencia de las disciplinas involucradas. Al generar un ambiente centralizado e integrado de información, con la finalidad de abarcar la totalidad de la vida de la obra.

La mayor desventaja que presenta el sector construcción es que cada vez que se desea colocar un producto, se debe generar, manipular, procesar y documentar bastante información; la cual cambia en cada proyecto. Es por esto, que el Gobierno costarricense encuentra en BIM la alternativa justa para hacer que el sector empiece a construir mejor. Una muestra de esto se vio en el conversatorio organizado por casa presidencial, el pasado 14 de febrero de 2019, el cual se trató del tema: "Implementación del BIM en la construcción pública: El caso chileno".

El Gobierno deja clara su posición con respecto a la dirección que desea tomar, y es que se busca una reactivación de la economía del país, a través del sector construcción. Y BIM sale a relucir, al permitir una mayor transparencia en las compras públicas, una menor incertidumbre y una mejor trazabilidad de los fondos del Estado.

BIM es una realidad en Costa Rica, dentro del sector privado y lo será en el sector público. Por lo que su adopción está pronta a dejar de ser una opción para las empresas costarricenses.

Debido a que su adopción se empieza a convertir en una necesidad.

La constructora, COCOSA, dispone de un papel relevante en la ejecución de obras; conjuntamente, el constructor es quien asume la responsabilidad de ejecutar el proyecto con recursos limitados y sujeto a la aplicación de multas por incumplimiento de los términos del contrato. Una de las formas de reducir ese riesgo, es a través de subcontratos; pero la forma directa de brindarles a los clientes la seguridad que demandan, es invertir tiempo y recursos en la fase de planeamiento, así como en un mejor control de la información.

COCOSA ve esta necesidad y decide desarrollar el principal objetivo de este trabajo, el cual es: establecer un plan de acción que le permita implementar BIM de acuerdo con sus necesidades. En este plan, se detallan los procesos y pasos a seguir, también se mencionan los retos que existen, las herramientas a utilizar, el hardware que se requiere, incluso contempla la formación y la capacitación de un equipo de liderazgo BIM, acompañado de un presupuesto de implementación. Todo esto para demostrar que a pesar de las carencias que aún existen en el país, alcanzar un buen BIM es posible.

Agradezco al ingeniero, Fernando Peñaranda, por darme la oportunidad de elaborar este proyecto y recibirme en COCOSA. También, un agradecimiento muy sincero a la profesora, Ana Grettel Leandro, por guiarme en la elaboración de este proyecto, así como a los profesionales, Alberto Blanco, Rodrigo Romero, Juan Olivas y Leonardo Chonkan; por atenderme en las entrevistas realizadas y permitirme acceder a esa experiencia invaluable con la que cuentan.



# Resumen ejecutivo

El proyecto de graduación responde a la necesidad de llenar un vacío en una parte de las empresas y profesionales del sector construcción, los cuales no comprenden adecuadamente qué es BIM, y su relación con una estructura de cooperatividad entre las disciplinas involucradas en un proyecto de construcción. La empresa COCOSA, presenta la oportunidad de aprovechar esta investigación con el objetivo de darle un fin práctico, al proponer la confección de un plan de acción, que le permita adoptar BIM de manera correcta.

Con dicha meta y una investigación enfocada en el sector nacional se ataca el objetivo que habilitaba la toma de decisiones favorables para COCOSA; al realizar un diagnóstico de los procesos, colaboradores y condiciones de trabajo que presentaba COCOSA. Esto se logra a través de un análisis FODA, un organigrama, y la descripción de los procesos tradicionales con un diagrama.

El objetivo siguiente consistió en diseñar una metodología base para implementar BIM, en empresas constructoras dentro del territorio nacional. Al adoptar BIM, se seleccionan los softwares que serán utilizados, ya que esta decisión influye directamente en la forma de trabajo, el costo y el éxito de la implementación. Por lo que el objetivo de definir y seleccionar las herramientas BIM a aplicar, fue otro de los objetivos alcanzados. Esta selección se basa en criterios académicos y la experiencia de profesionales destacados a nivel nacional.

Al finalizar el proyecto el objetivo principal fue cumplido a cabalidad, pudiéndose cumplir con la solicitud de COCOSA, de establecer un plan de acción para implementar BIM en la empresa, el cual cuenta con un presupuesto de implementación, así como una explicación

completa de los procesos y recursos necesarios para adoptar BIM.

En Costa Rica no existe documentación sobre cómo implementar BIM, ni del costo que tiene su adopción, para una empresa constructora. Por lo que este documento brinda información de gran relevancia para COCOSA y, para el sector de la construcción en Costa Rica. Adicionalmente, el proyecto detecta barreras para implementar BIM en Costa Rica, como: la ausencia de un marco normativo que facilite la elaboración de contratos y la definición de requisitos de la información entre las disciplinas involucradas en un proyecto. Este proyecto fue desarrollado en el departamento de construcción de la empresa: Constructora Costarricense S.A. (COCOSA).

El presupuesto para implementar BIM en COCOSA fue fijado en \$21,715. Este contempla herramientas BIM (software), hardware y capacitación. El monto es aceptable para el sector y para una empresa mediana como COCOSA, al contrario de una empresa pequeña. El monto genera un impacto en términos económicos, pero permite mejoras en cuanto a productividad, y las herramientas planteadas, permiten mayor eficiencia a los procesos de COCOSA, así como un interés por parte del mercado, que justifican el monto de la inversión inicial.

Una limitante para estimar los costos financieros de implementar BIM, es que la mayoría de los proveedores no indica el costo del software en sus páginas web para Latinoamérica. Por esta razón, es necesario establecer contactos con las empresas por otros medios, tales como: vía telefónica o vía correo electrónico. Otro de los aspectos es que en la mayoría de las páginas web la información se encuentra en inglés, por lo que se dificulta la comunicación, razón por la cual el proceso se vuelve engorroso. En algunos casos

brindan un mal servicio de atención al cliente y su forma de vender el producto a toda costa, dificulta la obtención de información con valor.

Las empresas nacionales conocen los beneficios del BIM, pero no tienen forma de medir estos beneficios en la práctica. No existen datos cuantitativos a nivel nacional, de cuánto dinero, tiempo, o trabajo conlleva o ahorra la aplicación de BIM.

Las pequeñas empresas son adaptables y reaccionan con anticipación a diferencia de las grandes empresas, debido a que presentan una menor oposición al cambio. Su menor infraestructura exige una menor inversión económica y mejora la imagen corporativa de la empresa.

Se identificaron condiciones económicas del país, que indican que el sector construcción se ve afectado por las presiones del déficit fiscal, el cambio de Gobierno y la incertidumbre que genera la nueva Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas, ya que con ella los servicios de ingeniería, arquitectura, topografía y construcción tendrán que pagar un 4% de impuesto al valor agregado (IVA), y crecerá gradualmente en los próximos años.

La investigación realizada visualiza que la metodología BIM es de relevancia, y determina que difícilmente una organización del sector construcción podrá ser competitiva, si no evoluciona su forma tradicional de trabajo, en los próximos 5 años.

El plan de acción para implementar BIM en COCOSA, es considerado satisfactorio y oportuno, ya que el país se encuentra a las puertas de este cambio. El plan contiene la información teórico-práctica suficiente para que COCOSA adopte BIM de forma segura, y con un panorama claro de todo lo que involucra.

# Introducción

Este informe contiene los resultados de la práctica profesional dirigida realizada en la Empresa COCOSA. La misma tuvo como objetivo principal, elaborar un plan de acción que permita la implementación de la metodología BIM en las operaciones de la Empresa, según los requerimientos y las condiciones actuales del mercado nacional. La metodología BIM (*Building Information Modeling*) significa modelado de la información de la edificación.

Esta investigación responde a la necesidad que presentan las empresas y profesionales del sector construcción de conocer sobre BIM, así como fomentar una estructura de cooperatividad entre las disciplinas involucradas en proyectos de construcción. Actualmente, en el desarrollo de un proyecto los actores se encuentran aislados, por lo cual se genera una gran cantidad de retrabajo y desperdicios en los procesos. Por si fuera poco, nuestro país actualmente está gobernado por la ausencia de colaboración y por la desconfianza, que rigen en los contratos.

Por la forma como se desarrollan los proyectos actualmente, existe falta de entendimiento del aporte, de cada especialidad al crear un proyecto. BIM propone atacar este problema, por lo que requiere un cambio cultural, que ciertamente demanda un esfuerzo extra de las partes, para lograr el objetivo final. “Es una metodología nueva que a priori requiere más organización, controles y planificación, frente a métodos que probadamente funcionan” (BIM Forum Chile, 2018).

BIM es la metodología que se está convirtiendo en una necesidad para aquellas empresas que forman parte de la industria de la construcción, tanto pública como privada. Debido a esto, la empresa COCOSA, encuentra la oportunidad de aprovechar esta investigación y darle un fin práctico, al proponer la confección de

un plan de acción, que le describiera la forma de implementar BIM correctamente.

La investigación parte de la realización de un diagnóstico de los procesos, colaboradores y condiciones de trabajo de COCOSA. Una vez ejecutado esto se diseña una metodología que sirviese de base para establecer, planes de implementación BIM en la empresa, así como en otras empresas constructoras en el territorio costarricense.

Con el objetivo de aplicar BIM fue necesario seleccionar las herramientas tipo software que se utilizan, debido a que estas influyen en la forma de trabajo, el costo y el éxito de la implementación. Por lo que el objetivo de definir y seleccionar las herramientas BIM a aplicar, fue cubierto basándose en un análisis tanto de criterios académicos como de la experiencia de profesionales destacados a nivel nacional.

Fue posible cubrir la meta establecida inicialmente, de establecer un plan de acción para implementar BIM en COCOSA, con un presupuesto de implementación y una explicación completa de los procesos y recursos necesarios para adoptar BIM.

En Costa Rica no existe documentación sobre cómo implementar BIM, ni del costo que presenta su implementación, en una empresa constructora. Por lo que este documento brinda información valiosa para COCOSA y para el sector de la construcción en Costa Rica.

El proyecto detecta inconvenientes importantes para implementar BIM en Costa Rica, como: la ausencia de un marco normativo que facilite la elaboración de contratos, y la definición de requisitos de la información entre las disciplinas involucradas en un proyecto.

De acuerdo con el presupuesto estimado se observa que implementar BIM en el nivel que desea de COCOSA, presenta un costo cercano a

los veinte mil dólares de inversión inicial, el cual es viable para empresas medianas.

En comparación a otros documentos que brindan recomendaciones para implementar BIM, como la: "Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones" de BIM Forum Chile (2017), es posible concluir que el plan desarrollado en este proyecto abarca los temas necesarios para implementar exitosamente BIM.

# Marco Teórico

## Metodología BIM

BIM es el acrónimo para *Building Information Modeling* que significa modelado de la información de la edificación. La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO, 2016) de Chile define a BIM como:

Metodología para el desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura, que genera valor en cada etapa de su ciclo de vida -diseño, construcción y operación- al integrar a los diferentes actores del proceso en la toma de decisiones. Para lograr esto, la información geométrica y funcional del activo es gestionada en modelos tridimensionales digitales y posteriormente es compartida, permitiendo el trabajo coordinado y colaborativo. (p.4).

Genera procesos para producir, comunicar y analizar, los modelos de la edificación. Los componentes de una edificación son representados, a través de objetos paramétricos inteligentes que se manipulan con facilidad, al almacenar información. La cantidad de información que almacenen los objetos dependerá del nivel de detalle que se haya definido previamente. Además, propone que a este modelo tengan acceso los involucrados del proyecto, con el fin mantener información actualizada y eficiente para todos los involucrados.

BIM brinda beneficios a sus usuarios, sin embargo, los que podrá obtener un arquitecto no serán los mismos comparados a los de un constructor, ya que, por la naturaleza de sus actividades, persiguen fines distintos y participan en diferentes etapas. No obstante, se aclaran beneficios que se consideren independientes del

actor que los analice y de la etapa del proyecto. Como una mejora al acceso de la información, mejorar la colaboración, el mayor control de los procesos y una mayor productividad (BIM Forum Chile, 2017).

Al hablar de BIM existen conceptos que se deben acatar. A continuación, se presenta una lista de los destacados para comprender este documento.

- 3D: es una representación geométrica detallada de un edificio o infraestructura, dentro de un medio de información integrada.
- 4D: se refiere a la dimensión que usa los modelos para la planificación, estimación y control de tiempos en la obra.
- 5D: es la dimensión que usa los modelos para la gestión del costo, como la elaboración de presupuestos y el control de costos de la obra.
- 6D: dimensión referente al uso de los modelos para realizar análisis energéticos y de sostenibilidad.
- 7D: es la dimensión que contempla el uso de los modelos para efectuar actividades y procesos de mantenimiento en el ciclo de vida del edificio o infraestructura.
- Objeto BIM: es la representación virtual de un producto real, como una ventana. Esta réplica virtual contiene información sobre el producto, como información geométrica de dimensiones y forma, hasta datos del fabricante y proveedor. El nivel de información que contengan los objetos, dependerá del nivel de detalle que se haya planteado para el modelo.
- AEC (*Architecture, Engineering and Construction*): acrónimo anglosajón utilizado para referirse a los profesionales y empresas que están relacionados con la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción.

- CDE (*Common Data Environment*): central digital, ubicada comúnmente en la nube, donde se aloja toda la información de un proyecto y donde interactúan los involucrados. Es un espacio digital de intercambio de información.
- IFC (*Industry Foundation Classes*): Este es un formato estándar elaborado por *Building Smart* con el fin de facilitar el intercambio de información y la interoperabilidad entre las herramientas BIM presentes en el flujo de trabajo.
- EDT (Estructura Desglosada del Trabajo): es una estructura de jerarquía, la cual desglosa los trabajos requeridos, para cumplir con el alcance de un proyecto. Especifica las actividades y tareas necesarias para diseñar o construir una obra y también que resulta de esa tarea.
- Familia: grupo de objetos en un modelo, que pertenecen a una misma categoría.
- Flujo de trabajo: este es un concepto fundamental en la creación de modelos BIM. Se refiere al estudio de aspectos operacionales de las actividades necesarias para aplicar BIM en un proyecto. Requiere analizar cómo se estructuran las tareas, cómo se realizan, cuál es su orden, cómo se sincronizan, y cómo fluye la información de cada tarea, así como el seguimiento que se le da al cumplimiento de las tareas.
- IPD (*Integrated Project Delivery*): este término se refiere a una relación contractual que se basa en una distribución compartida de los beneficios y los riesgos de un proyecto entre los principales involucrados. Busca una participación temprana de todos los miembros, procurando comunicaciones abiertas entre los mismos. Implica el uso de tecnología apropiada, como puede ser la metodología BIM.
- *Lean Construction*: es una metodología de gestión de la construcción. La cual busca plantear una estrategia de gestión de proyectos en donde exista una producción centrada en la minimización de los residuos en materiales, tiempo y esfuerzo. Logrando un incremento del valor de los procesos, con la mejora continua a lo largo de las fases de diseño y construcción de un proyecto.
- LOD (*Level of Development*): define el nivel de desarrollo de información que poseen los objetos del modelo BIM.
- Formato nativo: se refiere al formato original de una determinada herramienta informática. No suelen servir para intercambiar información con aplicaciones distintas de forma directa.
- Retrabajo: esfuerzo adicional que se imparte al corregir inconformidades en la información de un producto.
- Sistemas de clasificación: Los sistemas de clasificación traen orden a la información en BIM. Facilitan que los desarrolladores de un proyecto, que tengan que introducir un dato sepan dónde y cómo introducirlo; y que si alguien necesita un dato sepa dónde y cómo obtenerlo. Establece un lenguaje común, de manera que todos puedan localizar fácilmente un tipo de componente, o saber qué elementos forman parte de un sistema específico. Algunos sistemas de clasificación que se adoptan, son: Uniclass, Uniformat, Omniclass y Masterformat. Es recomendable adoptar un sistema de clasificación desde el inicio de los proyectos y que se aplique en todas las fases, siendo consistente en el ciclo de vida del proyecto BIM, al procurar que sea flexible e intuitivo.

## Implementación del BIM

La implementación de la metodología BIM, requiere de un proceso demandante no solo en la etapa de planeación, si no en su puesta en marcha. Para lograr que la implementación tenga éxito, es necesario contemplar y comprender el flujo de información que requiere formar un modelo BIM.

Comprender el flujo de la información es indispensable, ya que BIM abarca todo el ciclo de vida de un proyecto, y ninguna empresa logra encargarse de todas las funciones que implica. Por lo que al implementar BIM se requiere de la capacidad para determinar cuáles de los usos que el BIM ofrece, son requeridos en la empresa que

desea realizar la implementación. Se define un uso BIM como el método requerido para aplicar BIM en un momento del ciclo de vida del edificio con el fin de alcanzar uno o más objetivos específicos (Rodríguez, 2017). Un ejemplo de un uso BIM es generar modelos para realizar cuantificaciones más precisas en los presupuestos de licitación, mientras que otro uso podría ser unificar los modelos de las diferentes disciplinas para aplicar una detección de interferencias.

Los usos BIM deben ser identificados en base a los objetivos planteados. Algunos objetivos requieren adoptar un uso BIM, mientras que otros requieren de varios. Al implementar BIM se deben tener claros otros aspectos, como: la curva de aprendizaje y los factores que participan en una implementación.

## Curva de aprendizaje

Cualquier cambio en una organización genera una oposición, la cual será difícil en función de cuán revolucionario sea este cambio. BIM introduce un giro de los flujos de trabajo acompañado de una filosofía diferente en el manejo de la información. Ese cambio conceptual es a su vez su mayor enemigo, pues supone, en efecto, un cambio en la manera de trabajar y esto es algo a lo que muchos no están dispuestos a renunciar. (González, 2015).

La recuperación de la inversión inicial está directamente ligada a la curva de aprendizaje. Entre más rápido se sobrepase esta curva, más rápido se verán los frutos de BIM. Su impacto es tan relevante que las decisiones que se toman en un proceso de implementación BIM, se establecen contemplando el impacto que tendrá en la curva de aprendizaje.

Un ejemplo de esto es la elección de herramientas (softwares) BIM, esto porque podría existir una herramienta óptima para la empresa, pero si su capacitación es difícil de conseguir, si existen pocos profesionales que la usan en el país y si emplea metodologías diferentes a las ya utilizadas en la empresa; el lograr adoptar esa herramienta será complejo, en términos de la curva de aprendizaje. La herramienta con esas afectaciones podría ser seleccionada, pero pierde valor si no favorece la reducción de la curva de aprendizaje.

A nivel país se debe trabajar en algunos puntos, ya que la ausencia de estos complica la

adopción de BIM. Uno de estos puntos es la ausencia de estándares al ejecutar BIM, quien guste ejecutar BIM lo efectúa bajo su propio concepto, alterando la uniformidad que se desea en los procesos. Tampoco existen estrategias de adopción; Chile es el país que con creces ha afrontado estos temas. Costa Rica cuenta con el talento para adoptar BIM, lo que se requiere es una mayor participación de la academia en la formación de profesionales; no precisamente en las herramientas, si no en la comprensión del BIM y en el flujo de trabajo que busca establecer.

## Factores relevantes para la implementación de BIM

Al desarrollar un plan de acción para implementar BIM es necesario contemplar una serie de factores, que son indispensables para que el proceso sea exitoso. Valle (2014) indica una lista de factores relevantes para la implementación BIM, los cuales son:

- Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM.
- Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizará BIM para el desarrollo de proyectos.
- Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.
- Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM.
- Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM.
- Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos BIM.
- Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.
- Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.
- Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.

- Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados.
- Existencia de objetivos claros para la implementación.
- Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación. (p.31).

## Nivel de adopción BIM

Los niveles de adopción BIM se usan para saber en qué punto se encuentra la empresa y hacia qué nivel de adopción desea dirigirse. La National Building Specification (NBS), en el Reino Unido describe los niveles de adopción, que de momento son los adecuados para Costa Rica. De acuerdo con el parafraseo y traducción empleado por Chonkan (2016), se indica lo siguiente:

- **BIM nivel 0:** en su forma básica, este nivel significa un nivel de colaboración nulo. Se utiliza principalmente el 2D CAD para producir información y la misma es distribuida en forma de papel o documentos digitales dentro de cada empresa.
- **BIM nivel 1:** típicamente compuesto de una mezcla de 3D CAD para trabajo conceptual y 2D para la producción y aprobación de documentación e información de los productos. Se trabaja con estándares CAD y la información es compartida de manera digital mediante un ambiente de datos comunes (CDE). La información es transmitida principalmente a nivel interno de las empresas y no existe colaboración interdisciplinaria.
- **BIM nivel 2:** se distingue por su ambiente colaborativo. Todas las partes utilizan su propio modelo 3D pero no necesariamente trabajan en el modelo integrado y coordinado. La colaboración viene en la forma en cómo se intercambia la información entre las partes y este es el aspecto crucial de este nivel. La información del diseño es compartida mediante el uso de archivos de código abierto (IFC), que permite a cada organización integrar los modelos recibidos en un modelo para efectos de

coordinación interdisciplinaria. Este es el nivel que fue especificado como mínimo por el Gobierno del Reino Unido para el año 2016.

- **BIM nivel 3:** considerado como el “santo grial” del BIM, representa un ambiente colaborativo interdisciplinario por medio de un modelo único que se almacena en una nube de datos (servidor en línea). La diferencia con el nivel anterior es que todas las partes acceden al modelo de manera simultánea y la coordinación se da en tiempo real. A esto se le conoce como “Open BIM” y, actualmente se encuentra en etapa de desarrollo debido que presenta mayores implicaciones en el tema de seguridad de datos y requiere de niveles muy avanzados de control de cambios y manejo de permisos de lectura/escritura. (p.11).

## Requisitos de la información

BIM implica la discusión de este tema, que es vital para que la información se genere de la forma correcta. Uno de los mayores principios que existen en el BIM es la generación de información clara y útil para los involucrados, con el fin de generar procesos de valor. Pero para que esto sea posible, es necesario que los intercambios de información estén definidos, en tiempo, alcance, responsables y contenido; es decir que se deben tener claros los requisitos de la información, para que la información pase a través de todos los miembros de forma consistente, oportuna y sin atrasos.

Costa Rica no tiene un marco normativo que regule este tema, pero existen algunas normas desarrolladas en el exterior, de gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de un proyecto. Y por las características de Costa Rica la adecuada es la norma ISO 19650. Esta contiene los principios y requisitos para alcanzar una adopción BIM Nivel 2 correctamente. A inicios de este 2019 se publicaron las dos primeras normas internacionales de la serie ISO 19650. La primera trata los conceptos y principios para la organización y digitalización de la información. Mientras que la segunda trata de la organización y digitación de la información en la producción de activos.



## Condiciones externas

Los factores externos al momento de implementar BIM deben ser analizados, ya que aspectos como el desarrollo de las telecomunicaciones y las condiciones del mercado afectan considerablemente. BIM implica que los sectores del mercado se unan y coordinen sus esfuerzos, si el mercado presenta poco avance afecta la implementación.

Se recomienda aplicar un análisis de estos aspectos previo a la elaboración del plan de implementación. Un análisis FODA es una buena forma de contemplar los aspectos externos que afectan a la organización y a BIM, como: agentes tecnológicos, sociales, económicos, éticos, y político-legales.

## Herramientas BIM

Los sistemas de software que le dan soporte a esta metodología son llamados herramientas BIM. En los proyectos se usa cualquier software BIM, dependiendo de los objetivos que se deseen alcanzar con dicho modelo, sin embargo, se considera la interoperabilidad entre softwares BIM y la curva de aprendizaje para su elección. (BIM Forum Chile, 2017).

En cuanto al hardware requerido las casas productoras de los softwares brindan recomendaciones del hardware. Se debe tener en claro que la selección del hardware está en función de las herramientas elegidas, esto porque la configuración que se plantee debe permitir correr la versión del software seleccionado.

# BIM en Costa Rica

Como indica González (2015):

El mercado de la construcción, tanto a nivel nacional como internacional, es por excelencia uno de los principales contribuyentes al desarrollo y economía de un país, razón por la cual, como país y profesionales, es de suma importancia estar a la vanguardia de nuevas tecnologías que, indudablemente, mejoran la productividad y eficiencia en el sector de la construcción. (p.4)

En el país los proyectos realizados mediante modelos BIM son limitados. A nivel privado, existen varias empresas que han adoptado parte de la metodología, no obstante, la mayoría de empresas constructoras continúan laborando bajo el esquema tradicional. Costa Rica presenta la característica de ser uno de los países en Latinoamérica que se ha desarrollado en telecomunicaciones desde que el mercado tuvo apertura a empresas extranjeras.

Esto favorece la implementación de BIM, aunque existe bastante por mejorar en temas de calidad y acceso. Además, Costa Rica junto a Chile, México, Perú, Colombia y Uruguay destacan como los países con mayor avance en la adopción del BIM por parte del sector privado (Despacho de la primera dama de la República de Costa Rica, 2019). Y los resultados de la encuesta indicada a continuación, en la figura 1, permiten apreciar que Costa Rica, ya presenta niveles importantes en el uso BIM.

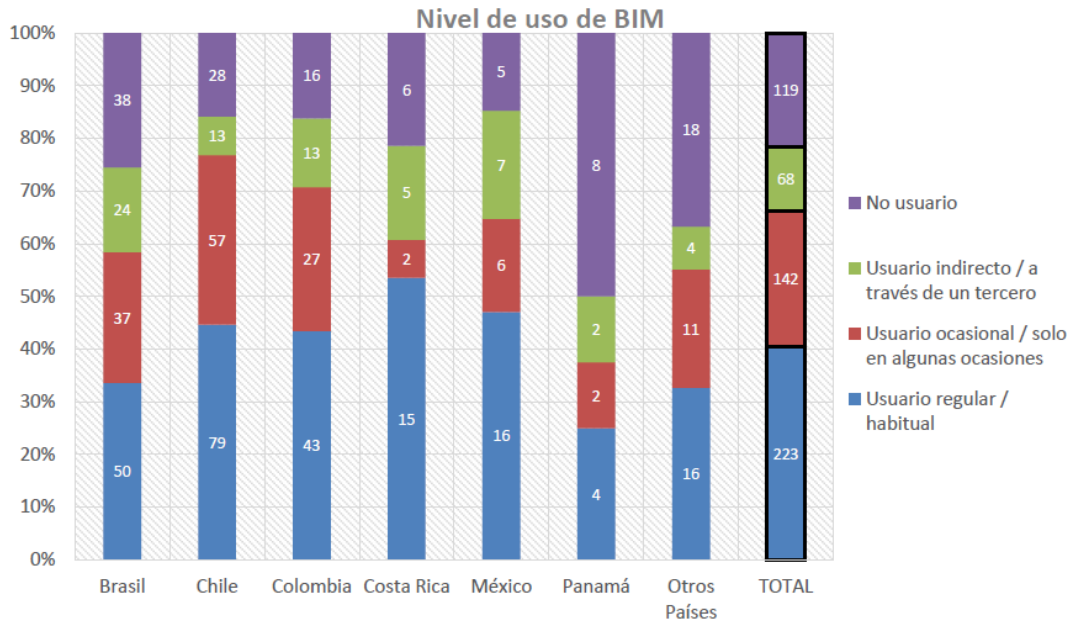


Figura 1. Nivel de uso BIM en países Latinoamericanos, según la encuesta realizada por la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción. Fuente: (FIIC, 2017).

En Costa Rica las actividades BIM que se exponen a continuación, son las que tienen menor uso en el mercado:

- la programación de obra,
- la coordinación de modelos,
- la cuantificación y elaboración de presupuestos,
- y, la gestión del inmueble en su operación (*Facility Management*).

El gobierno costarricense en la actualidad pretende cambiar la forma en que se construye para reactivar la economía del país, y junto a la Cámara Costarricense de la Construcción, han encontrado en BIM la alternativa para lograr este cambio. Debido a que BIM permite mayor claridad en las compras públicas y una mejor trazabilidad de los recursos, ampliando la capacidad del Estado para invertir en la construcción. (Despacho de la primera dama de la República de Costa Rica, 2019).

Costa Rica es foco de organizaciones para implementar BIM, como lo hace el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), al financiar y solicitar que el proyecto de construcción de la carretera San Gerardo de Chomes-Barranca, se efectúe como un proyecto piloto, siendo el primer proyecto horizontal de implementación BIM en

Latinoamérica (Despacho de la primera dama de la República de Costa Rica, 2019). Lo cual deja en evidencia que Costa Rica es un país con el talento adecuado para la adopción de BIM.

La implementación de BIM en Costa Rica se encuentra afectada por la ausencia de un marco normativo. Y también, por el poco movimiento de la academia en cuanto a la preparación de los profesionales. Se ha empezado a incentivar el uso de las herramientas, pero no se enseña la metodología como tal; el flujo de trabajo, los requisitos de la información, etc. Existe un desconocimiento a nivel país, sobre qué es BIM y cómo implementarlo.

# Metodología

Para desarrollar este proyecto se plantea una metodología que contempla cuatro fases. En la figura 2 se observa el flujo de actividades que se siguieron. A continuación, se brinda una explicación de cada fase, con el fin de complementar la figura 2, permitiendo al lector asociar y entender de mejor forma los procesos aplicados, como los materiales y métodos empleados.

El proyecto se desarrolla dentro del departamento de construcción de la empresa: Constructora Costarricense S.A. (COCOSA).

## Fase de investigación

Esta fase se fracciona en dos frentes de trabajo, ya que la elaboración de un plan para implementar BIM, no solo demanda el conocimiento de la metodología, sino que requiere de la comprensión correcta de la organización donde se hará la implementación. Es importante mencionar que ambos frentes de trabajo se ejecutaron de forma simultánea.

### Recopilación, revisión y selección de fuentes

Este frente de trabajo estuvo destinado a comprender la metodología BIM en su totalidad. Para ello se realizó una selección preliminar de documentos, donde se le dio prioridad a los que explican la metodología y su implementación.

Posteriormente, se analizaron los documentos desarrollados en América Latina, ya que implementar BIM en Costa Rica no es lo mismo que hacerlo en Europa o Estados Unidos, donde hay mayores niveles de adopción. Lo correcto era dirigir la atención a las fuentes de

información que presentan cierto grado de similitud con las condiciones del país.

Sin embargo, la lectura de documentos no es suficiente, principalmente porque existe una brecha importante, entre lo que se debe realizar de acuerdo a la teoría y otra muy diferente, lo que se debe efectuar en la práctica a nivel nacional. Para minimizar las posibles consecuencias de esa brecha, se realiza una investigación a nivel nacional.

Para ello se asiste a un conversatorio efectuado en el auditorio del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, el 14 de febrero de 2019, con el fin de atender el tema "Implementación del BIM en la Construcción Pública: El Caso Chileno". Asistir al conversatorio permitió comprender el camino que busca el Estado y los retos que conlleva. Además, se consulta el juicio de cuatro expertos nacionales en el tema BIM. A los participantes se les aplicó una encuesta de diez preguntas, las entrevistas fueron grabadas y transcritas. Una vez que la transcripción estuvo finalizada, se procede a generar una síntesis de las respuestas a cada pregunta. Así, se tendría una única respuesta a cada pregunta, considerando el criterio de los cuatro participantes.

### Comprensión y análisis de las operaciones en COCOSA

Entender a la organización que implementa BIM es fundamental para tomar decisiones correctas, que beneficien a la empresa. El desarrollo del proyecto tuvo lugar en las oficinas de COCOSA, lo que facilita la obtención de información.

Para lograr esto se propusieron tres actividades. Una de ellas era definir el organigrama de COCOSA, para visualizar adecuadamente los cargos existentes y el orden jerárquico de una decisión.

En el segundo se realiza un análisis FODA, para comprender tanto los aspectos internos como las fortalezas y las debilidades, también se indagan aspectos externos en oportunidades y amenazas. Para la confección de este análisis FODA, se toma en consideración, la opinión de los miembros del departamento de construcción de COCOSA, y, fuentes nacionales con datos sobre la condición del sector y aspectos que lo afectan.

Por último, se confecciona un diagrama de flujo de los procesos que se realizan en COCOSA, este diagrama fue revisado y aprobado por el coordinador del departamento de construcción y por el vicepresidente de COCOSA.

## **Fase de metodología de implementación**

Una vez terminada la fase de investigación se tuvo un panorama claro, de lo que significa implementar BIM y los retos que representa. De esta manera surge la necesidad de definir un orden a seguir para que COCOSA y cualquier otra empresa constructora en el país logre adoptar BIM, de esa forma se aprovecha la información recopilada en la fase previa.

Para dar solución a dicha necesidad se genera un diagrama, el cual define la: “Metodología base para establecer planes de acción en la implementación de metodología BIM para empresas constructoras costarricenses”. Este diagrama se realiza al tomar como referencia, lo desarrollado por Valle (2014) en su tesis de pregrado: “Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria”. Posterior a esto, se tuvo una reunión con la gerencia para definir, objetivos y aclarar el proceso a seguir.

## **Fase para generar el plan de acción**

Esta es la fase donde se genera el producto principal de este proyecto, el documento denominado: “Plan de acción para implementar BIM”, el cual fue entregado a la Gerencia de COCOSA, para que tomen acciones, que los encaminen a la adopción del BIM.

Para generar este plan de acción se contempla la metodología planteada en la fase previa. Dentro de las acciones para llevarlo a cabo se dio la confección de un nuevo diagrama con los procesos BIM que se deseaban. Además, de la fundación de un equipo de liderazgo BIM, que se encargue de llevar a cabo la implementación. Se definieron las herramientas BIM necesarias para cumplir con los procesos planteados y la descripción del hardware que requieren las herramientas. Por último, se brinda información relevante para COCOSA, como un presupuesto de implementación, aspectos que se deben considerar para definir los requisitos de la información, como una secuencia de acciones. Al final se unen todas las partes y se redacta el documento que será entregado a Gerencia.

## **Fase de cierre**

Esta última fase se relaciona al proceso académico de este proyecto y es indispensable para que tome validez. Se analizaron todos los productos finales y se obtuvieron conclusiones del trabajo realizado.

Finalmente, se elabora un informe final, de acuerdo con los lineamientos indicados por la Escuela de Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Posteriormente, el proyecto debe ser defendido públicamente, dando cierre a la totalidad del proceso.

A continuación, se presenta en la figura 2, el diagrama de la metodología utilizada para desarrollar este proyecto.

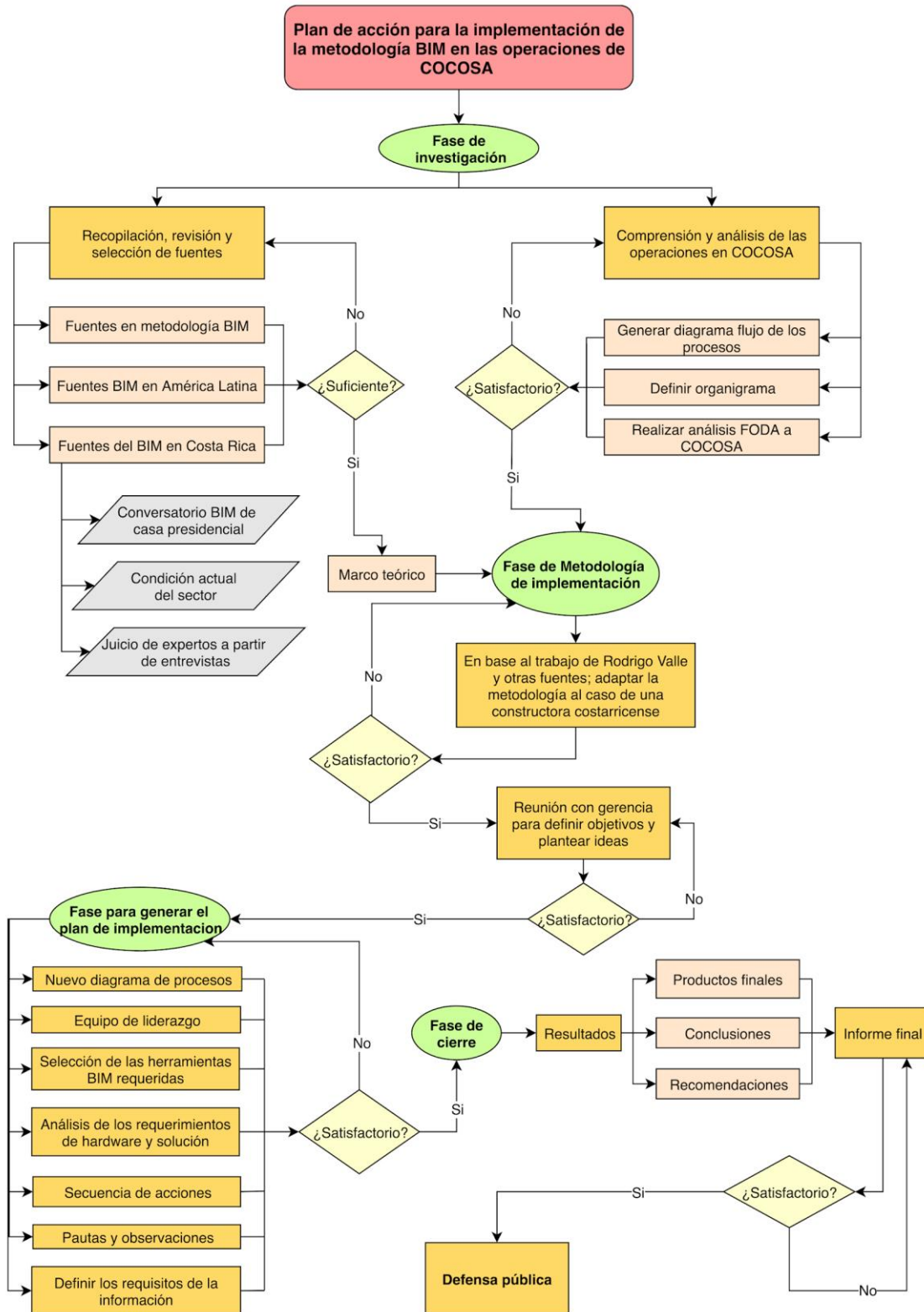


Figura 2. Metodología empleada para la elaboración del proyecto  
 Fuente: Elaboración propia, con herramienta de diagramación en línea www.draw.i.

# Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto de graduación.

## Síntesis de entrevistas

Las entrevistas fueron realizadas a cuatro profesionales. La transcripción de cada entrevista se encuentra en el Apéndice 1 de este documento. Las entrevistas tuvieron una duración aproximada de veinte minutos. A cada entrevistado se le aplicaron las mismas preguntas en el mismo orden. Ninguna entrevista fue interrumpida en su ejecución.

A continuación, se brinda una descripción breve de cada entrevistado para lograr una comprensión correcta del Cuadro 1. El Ing. Alberto

Blanco, es gerente general de la empresa Constrial S.A. la cual lleva tres años de implementar BIM. El Ing. Leonardo Chonkan, es coordinador BIM en la empresa Circuito, realizó su tesis en el tema BIM e imparte cursos relacionados a esta metodología. Juan Carlos Olivas, es arquitecto y profesor en la Universidad Latina de Costa Rica, cuenta con una amplia experiencia en el uso de herramientas BIM. El Ing. Rodrigo Romero, es el entrevistado con más experiencia, es director BIM dentro de la constructora Bilco, fue el fundador de la primera empresa dedicada a brindar servicios BIM en Costa Rica, se llamaba MiBIM. A continuación, se presenta el Cuadro 1, el cual expone la síntesis de las respuestas recibidas en las entrevistas aplicadas a los profesionales mencionados

Cuadro 1. Síntesis de las entrevistas aplicadas a expertos BIM en Costa Rica	
<p>¿Cuáles aspectos considera claves para que la implementación de BIM tenga éxito en una empresa constructora?</p>	<p>Los entrevistados coincidieron en tres puntos valiosos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se debe tomar la decisión a nivel de Gerencia de llevar el proceso de cambio. Si no existe una voluntad de las altas esferas de la empresa es complicado llevar a cabo un proceso de implementación BIM.</li> <li>2. Contar con un equipo o persona, que sea líder en la parte técnica, que brinde esa facilidad de talento humano de cómo llevar y poner en práctica el proceso de cambio.</li> <li>3. Tener una actitud en toda la organización de compromiso con el proceso de implementación.</li> </ol> <p>Se destaca la respuesta de Leonardo Chonkan (2019):</p> <p>Apoyo gerencial y talento humano. Muchas veces tenés una persona que es súper entusiasta del BIM, sabe muchísimo, pero si no tiene apoyo de la gerencia, si no tiene recursos para ese proyecto de implementación no va para ningún lado. Caso contrario...la gerencia quiere usar BIM, pero no tienen a nadie que tenga la capacidad técnica para implementarlo. No haces nada en ninguno de los dos casos, necesitas apoyo gerencial y talento humano. (Chonkan, 2019).</p>

	<p>Se mencionaron otros aspectos por parte de los entrevistados a manera de consejo, que se destacan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La capacitación del equipo: la forma más práctica de capacitar es ejecutando; al entrar de una vez en materia con el modelo y explorarlo.</li> <li>- Indispensable la inversión en equipo: no se avanza en un cambio de paradigma de ejecución, si no se poseen las herramientas adecuadas.</li> <li>- Cualquier cambio cultural en la empresa se debe llevar de forma ordenada y con un profesional que sepa cómo hacerlo.</li> <li>- El grupo encargado de la parte técnica debe especializarse y tener la capacidad de investigar y averiguar cómo resolverlo, aprenderlo para transmitírselo a los otros miembros, para que estos, sepan cómo usar las herramientas y no generen una dependencia a un solo departamento.</li> </ul>
<p>¿Qué recomendaciones podría brindar para lograr un verdadero trabajo colaborativo en los proyectos BIM?</p>	<p>Es una de las preguntas que presentó mayor diferencia de apreciación entre los entrevistados. Se organiza la información de manera que el lector comprenda por qué el trabajo colaborativo generó este problema. Inicialmente se destaca la perspectiva de Leonardo Chonkan, el cual además de dar su respuesta lo fundamenta con la Norma ISO 19650.</p> <p>Principalmente define como recomendaciones tres puntos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la buena definición de los requisitos de la información,</li> <li>2. el soporte tecnológico,</li> <li>3. y el talento humano.</li> </ol> <p>Las recomendaciones brindadas se dan con el fin de buscar una adecuada identificación de la información, que va a ser transmitida de fase a fase. Los participantes deben tener claro los requisitos de esta información y la estructura que debe presentar. Lo anterior para que la información no se genere dos veces y sea consistente a lo largo de todas las fases del proyecto.</p> <p>Definición de trabajo colaborativo brindado por Chonkan en la entrevista de acuerdo con la norma ISO es:</p> <p>El verdadero trabajo colaborativo requiere comprensión, confianza mutua y un nivel más profundo del proceso estandarizado que el que se ha experimentado. Si la información se va a producir y poner a disposición de manera consistente y oportuna, los requisitos de esta deben pasar a lo largo de las cadenas de suministro hasta el punto donde la información se produzca de manera eficiente, además la información se debe recopilar conforme se pasa. En la actualidad, se gastan recursos considerables para hacer correcciones a la información no estructurada o por el manejo incorrecto de la información por parte del personal no capacitado, derivados de esfuerzos no coordinados de los equipos de diseño y para resolver problemas relacionados con la reutilización y la reproducción de la información. Estos retrasos podrían reducirse si se adoptan los conceptos y principios de este documento (Chonkan, 2019).</p>

	<p>Sin embargo, a pesar de la buena definición de Chonkan Rodrigo Romero, es directo en afirmar que esto es más un tema cultural que de BIM, pues se supone que, en cualquier proyecto, todos deberían trabajar de manera colaborativa. Lo que sucede es que existen muchos temas no relacionados a BIM que se relacionan con esto, como por ejemplo, la manera en que se hacen los contratos entre las empresas. No obstante, BIM permite que todos tengan la misma información y que la compartan, además de que se comuniquen de una manera eficiente.</p> <p>Lo mencionado por Rodrigo es indiscutible y toca uno de los mayores retos que tiene el BIM con respecto a la ausencia de normativa nacional, y los “espacios” que genera este detalle en el tema de comunicación.</p> <p>Por lo que al final la respuesta de Alberto Blanco termina siendo la acertada en términos de un plan de implementación. Alberto comenta que existe un problema pues de los profesionales que trabajan en el sector de la construcción no todos tienen las bases para formar parte de un BIM 100% colaborativo.</p> <p>Entonces recomienda que lo primero es que la empresa genere sus propias bases. Luego, que busque de otros que tengan bases similares a las suyas, y a partir de ahí que se pongan de acuerdo para trabajar de forma colaborativa. En la escala de madurez del proceso de implementación BIM se inicia con un “<i>Lonly BIM</i>”, el cual se basa en “yo” y todo lo que se logre a partir de lo que se tiene. Posteriormente si se quiere pasar a un siguiente nivel, se necesita de alguien, que genere un producto para que se pueda continuar. En general, Alberto, sugiere el establecer contactos que estén en la misma línea de producción que la empresa; como algún diseñador que trabaje en ese contexto y esté dispuesto a entregar los modelos. Como subcontratistas o proveedores que generen modelos a nivel de plano de taller y que sean transferidos a los de la empresa, para que se realice toda la coordinación.</p> <p>Se destacan además los siguientes consejos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La colaboración se ve afectada por los formatos de las herramientas BIM (software), que contienen diferentes tipos de información. Muchas veces existen recelos en los derechos de autor que complican la cooperación entre partes.</li> <li>- Todos los entrevistados consideraban la necesidad o los beneficios de una plataforma que mantenga el modelo actualizado, al cual todos tengan acceso.</li> <li>- Debe existir infraestructura tecnológica como Internet de alta velocidad para que el trabajo colaborativo no se vea entorpecido.</li> </ul>
<p>En base a su experiencia, ¿qué herramientas BIM recomienda utilizar para la programación de obra(4D) y por qué?</p>	<p>Se destacaron tres herramientas, las cuales fueron: Synchro, VICO y Navisworks, siendo esta última la presente en todas las respuestas. Los porqués de cada herramienta se describen a continuación.</p> <p>Synchro, es destacado por, Romero y Chonkan, quienes tienen mayor experiencia en la metodología, y lo describen como la mejor herramienta para simulación 4D. Sin embargo, se destaca que ninguno de estos lo ha utilizado en la práctica, solo conocen sus beneficios a través de demostraciones. Destacan entre sus fortalezas la bidireccionalidad con Project, Primavera y otras herramientas de</p>



	<p>programación de obra; esto quiere decir que si se realizan modificaciones en la plataforma de Synchro serán reflejadas de forma directa en el cronograma principal. No sucede así con Navisworks, ya que, si se realizan modificaciones, se debe realizar a mano los cambios en el cronograma principal. Además, su implementación se ve afectada por un tema de costo, ya que es bien conocido en el medio, que la herramienta Synchro tiene un costo considerablemente superior a sus otros competidores.</p> <p>VICO por otra parte es utilizado en la empresa Bilco, como indicó Romero. Esta herramienta tiene la parte de programación y también tiene la parte de cuantificación por lo que se puede hacer un presupuesto dentro del programa. Es importante mencionar que VICO está enfocado en otra metodología de trabajo, que además de usar el diagrama de Gantt tiene un sistema que se llama LBS (<i>Location Based Services</i>) también llamado método de líneas de balance.</p> <p>Mientras que, Navisworks, como se mencionó, fue el más destacado, pues en Costa Rica su casa, Autodesk, es quien tiene la mayor popularidad. Tiene sus desventajas, como menciona Alberto Blanco: “algunos lo catalogan tieso otros dicen que le falta, pero ciertamente la sincronización y el lenguaje de todos los programas de Autodesk es muy bueno”. Navisworks permite hacer el modelo liviano conservando toda la información, volviéndolo manipulable. Permite realizar la detección de interferias y cuantificación. Como se mencionó previamente tiene la desventaja de no ser bidireccional con la herramienta de programación que se use.</p> <p>Se destaca la opinión del arquitecto, Olivas, en esta pregunta: “Podés hacer el cronograma en lo que vos querés, podés hacerlo en Primavera, podés hacerlo en Project, podés hacerlo en Excel; donde vos quieras. El tema es después ligarlo a un modelo para que él se exprese, en una cronología de acuerdo a lo que vos querés plantear. Entonces haciendo un resumen, Navisworks con algún programa de planificación de obra, Primavera, Project, lo que sea. Y el porqué, es básicamente porque es la forma fácil de entender la cuantificación, los procesos, etc.”</p>
<p>En base a su experiencia, ¿qué herramientas BIM recomienda utilizar para el control de costos(5D) en un proyecto y por qué?</p>	<p>Se encontró un error en el planteamiento de esta pregunta, pues el control de costos de un proyecto no está directamente ligado a BIM como indica Romero en su respuesta: “¿Es para hacer el presupuesto o es para hacer el control de costos?, porque la parte de BIM lo que aporta es en la parte de presupuesto, para poder cuantificar de una manera más sencilla lo que esté modelado; y ya cuando uno lo que quiere es hacer un control de costo en el proyecto ya eso es distinto”.</p> <p>En las respuestas se mencionó la herramienta VICO junto con WinEst que es el paquete utilizado en Bilco. También Synchro, Revit y Navisworks. Sin embargo, se destaca que para efectos de 5D, no hay mayor diferencia entre lo que puedan hacer uno u otro, pues extraer cantidades y montar un presupuesto es algo que se puede hacer con cualquiera de ellos, acompañado de Excel por ejemplo. Únicamente se aprecia una ventaja al utilizar WinEst pues se puede montar el presupuesto directamente en esa herramienta.</p> <p>Se destaca la respuesta del arquitecto Olivas por su enfoque práctico. Este indica que trabajaría igual con Navisworks, ya que en</p>

	<p>Revit puede generar conteos, tablas de información etc, pero que la plataforma de Navisworks, al transformar todos los elementos en bloques, permite que estos continúen manteniendo toda su información, solo que ya esta información no será editable, permitiendo entonces un modelo más ágil y fácil de manipular, pues ya no será tan pesado. Concluye al definir que utilizará Navisworks con Excel para generar costos y si hay algún programa en la empresa como Procure, para el verdadero control del costo del proyecto sería lo ideal. Y justifica su respuesta al indicar que es la forma más fácil y práctica de hacer un 5D. Por último, se hace énfasis en que un 5D es realmente eficiente, si se tiene un modelo representativo, pues no todo está en el modelo.</p>
<p>En base a su experiencia ¿qué herramientas o plataformas recomienda para permitir un modelo de coordinación de especialidades? el cual permita generar un verdadero trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados</p>	<p>Se mencionaron los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bim360,</li> <li>2. Revizto,</li> <li>3. BimTrack,</li> <li>4. BimCollab,</li> <li>5. Procure,</li> <li>6. Se mencionó Naviswork, VICO y Solibri pues permiten realizar revisiones de especialidades detectando interferencias, no contemplan un modelo en la nube.</li> </ol> <p>Se aclara entonces que las primeras cinco, son plataformas, que permiten comunicación entre los involucrados del proyecto a través de un entorno común. Y las del punto seis son para encontrar interferencias entre los modelos realizados por diferentes especialidades. Se deben usar los dos, el que hace revisiones para garantizar la correcta construcción, y posteriormente publicar los resultados que hay que coordinar o resolver en la plataforma, para darle seguimiento a los temas.</p> <p>Romero señala uno de los errores comunes a la hora de pensar en la coordinación de especialidades, pues muchas personas tienen la idea de que la coordinación es correr un software que permita la detección de interferencias como Navisworks. Y resalta que en Bilco eso no se hace frecuentemente, ya que suele arrojar demasiados resultados que en su mayoría no son de peso. Esto sucede porque es normal que los modelos estén mal hechos y que es mejor empezar con una inspección visual por parte de miembros que sepan construir y determinen qué problemas son realmente de peso y lo resalta con un excelente ejemplo: “La tubería puede estar atravesando una viga, pero eso puede que no sea problema...puede que sea un problema solo si está en ciertos puntos de la viga, pero el programa no sabe eso”.</p> <p>No toda la información está en los modelos, el programa no puede revisar si eso se puede construir, o no; de ahí la importancia de que el encargado de la revisión del modelo tenga conocimientos en construcción.</p> <p>Además, Chonkan, hace énfasis en que, Naviswork, es el mejor para realizar coordinación 3D y que de los primeros cinco solo Bim360 de la casa de Autodesk permite agilidad a la hora de trabajar, ya que los demás no se conectan directamente con el software de diseño. Es decir, que se tiene que exportar a un IFC y subirlo, cuya conversión dura 25 minutos aproximadamente, en cambio, con Bim360 tengo la</p>

	<p>misma función, pero se reciben los cambios en tiempo real, eso es lo bueno.</p> <p>Chonkan, destaca que usar el formato IFC en la colaboración de proyectos es complicado en Costa Rica. Aunque afirma que es el futuro del BIM pues es un formato de código libre pero acá, lo mejor es Navisworks (NWC) porque todas las empresas lo tienen.</p>
<p>¿Qué beneficios a percibido al implementar BIM en los proyectos, considera que estos son monetariamente superiores respecto a la inversión?</p>	<p>La pregunta fue en general complicada para todos los profesionales consultados pues responder requería de datos que usualmente son difíciles de cuantificar. Alberto Blanco, por ejemplo, quien se ha encargado de implementar BIM en su empresa siente que hasta la fecha todo ha sido inversión y ha percibido pocos beneficios. Sin embargo, es consciente de que en el momento que logre un completo funcionamiento sin tanto retrabajo se verá beneficiado y logrará estar tranquilo a la hora de asumir un proyecto. Y comenta que le encantaría medir cuál ha sido su beneficio económico, pero no cuenta con las herramientas para hacerlo.</p> <p>El arquitecto, Olivas, por otra parte, fue el más animado en brindar números que ha analizado en sus proyectos. Indica que, en consultoría, se logra una reducción en tiempo que ha calculado en un 50%. Y en el proceso de ejecución comenta que sin BIM se manejan porcentajes de extras muy altos, de 15%, 20%, 25%, y ahora con BIM se reducen de un 3% a un 5%. Rescata que conforme esta tecnología avanza la mano de obra irá mermando y cada vez podremos construir en plantas procesadoras y solo llegar al campo a “armar” un proyecto.</p> <p>Romero, considera que la inversión más grande está en el personal, pues en términos de tecnologías el costo es bastante accesible para el sector construcción. Y que la recuperación de la inversión depende de la rapidez con la que se dé la implementación, pues la curva de aprendizaje por parte del personal es lo que genera mayor gasto para la empresa.</p> <p>Chonkan, enfatiza en que implementar BIM es igual que cualquier inversión. La implementación de BIM puede tardar dos años, hasta que se vea un beneficio económico, y tiene que verse de esa forma. Como ya se mencionó la forma de llegar a ese beneficio pronto, está en realizar un gran esfuerzo de implementación, procurando reducir lo más posible la curva de aprendizaje y tener una estructura de implementación formal y establecida. No basta con enviar a todos los colaboradores a un curso de Revit, porque si no hay avance en fundamentos, en conceptos y sigue sin existir un plan de ejecución no se avanza y es muy probable que incluso se desarrollen modelos que no sirven, pues carecen de bases y de procesos aledaños para sacarles provecho.</p>
<p>¿Cuáles son los retos más frecuentes e importantes de superar a la hora de implementar BIM en una organización?</p>	<p>Las respuestas obtenidas apuntan a tres principales retos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la resistencia al cambio,</li> <li>2. la ausencia de un consultor serio en materia BIM en Costa Rica,</li> <li>3. y la ausencia de guías y normativa por parte del Gobierno, que dificultan la implementación y el tema contractual.</li> </ol>

	<p>El punto uno es el relevante, ya que todos coincidieron en este. BIM trae consigo una tecnología disruptiva, que no le hace gracia a aquellos colaboradores que no desean salir de su zona de confort, ya que han tenido por muchos años una forma de trabajar en la cual se sienten cómodos. Romero, destaca que los planos siempre van a ser necesarios, porque hay información que se puede poner en un plano, que no necesariamente se plantearía en un modelo.</p> <p>En el modelo no se observan todos los ejes con las cotas y un montón de elementos que sí presenta el plano. Pero eso no significa que entonces el modelo no sea beneficioso. Chonkan, quien expone las ideas dos y tres, critica la ausencia de consultores y de normativas. Resaltando que las oficinas que tienen el deseo de hacer BIM, se ven en la obligación de contratar a alguien de afuera para que les enseñe o deben incurrir en un proceso de prueba y error poco eficiente. Indicando que, para él, esas dos carencias representan el mayor reto bajo un contexto país. Además, hace énfasis en que los grupos conformados en Costa Rica para establecer esta normativa son grupos de empresarios, que pasan sus días en otros asuntos y se hace necesario la formación de un comité que realmente empiece a formular estas guías y se estandarice el BIM.</p>
<p>¿Se ha convertido BIM en una ventaja para su empresa en el mercado, atrayendo clientes y dejando mayor rentabilidad en las operaciones?</p>	<p>Alberto Blanco, indica que la aceptación a una oferta diferente, la cual no solo se limita a una tabla de pagos, a un curriculum y a un monto; abre las puertas a ser un agente diferenciador y ayuda a que el cliente mire a la empresa con otros ojos. Al generar tanta información preliminarmente, evidencia un interés en los clientes. Y eso lo ven con “buenos ojos”. Mientras que, Chonkan, dijo que no necesariamente va a ser el factor que consiga un cliente, pero es un plus. Y a nivel interno ha percibido mejoras en tiempos y costos.</p> <p>Por otra parte, Romero, indica que son los clientes quienes mueven el asunto, porque son los que le piden al resto de personas que realicen las tareas. Y hace énfasis en que entre más clientes se interesen por el tema y se eduquen en para que quieren el modelo, existen menos conflictos en el resultado y el mercado crecerá considerablemente. Así que es importante que la definición de BIM empiece a llegar a los clientes. Romero, rescata que los consultores deben empezar a revisar modelos y mermar las entregas contra planos, pues son ese tipo de cosas las que entorpecen el BIM en nuestro país.</p>
<p>¿Qué porcentaje de los proyectos son desarrollados bajo un contexto global de BIM?</p>	<p>El Ing. Blanco, indica que ninguno, pues usualmente se encuentran en la etapa de madurez del “<i>Lonely BIM</i>”. Pero señala que se encuentra estableciendo relaciones con subcontratistas y consultores que envían información parcializada de lo que se requiera para hacer un BIM global. Mientras que el arquitecto, Olivas, señala que un 50% de los proyectos de la empresa se encuentran en una plataforma total de BIM.</p> <p>Por otra parte, Romero, indica que el 100% de los proyectos en Bilco llevan BIM y que en las remodelaciones se aplica al 25%, 30% de las ejecutadas. Mientras, Chonkan, apunta a un 70% de los proyectos.</p>
<p>¿Ve una ventaja de esta metodología para empresas pequeñas y medianas, o</p>	<p>Todos los participantes coincidieron en que BIM trae ventajas principalmente para empresas PYMES, pues son las que tienen mayores oportunidades de llevar a cabo la curva de aprendizaje en el</p>

<p>considera que solo las grandes pueden sacar verdadero provecho de esta?</p>	<p>menor tiempo posible. Las empresas grandes a pesar de tener mayor capacidad de inversión deben enfrentar la complejidad y la rigidez de sus procesos internos.</p> <p>Para una, PYME, con capital suficiente, esto es simplemente una estrategia, que se convierte en eficiencia, permitiéndoles obtener la mayor cantidad de utilidades en tiempo récord. Es la forma que tienen actualmente para competir con empresas grandes. Y para una constructora es su mejor amigo, pues son los que lidian con los inconvenientes en campo y con el golpe económico que estos generen.</p> <p>Romero, brinda el consejo para PYMES constructoras, de hacer el modelo de cero, y es que si alguien de la empresa lo hizo personalmente de cero y verificó que la información que está en planos sirve para construir; entonces, todas las dudas que esa persona tenga para construir el modelo, de una vez, las ve con el gerente o con el maestro de obras, para ir solicitando la información que haga falta o que esté errónea. Esta persona que hace el modelo entra un mes antes al proyecto y empieza a construirlo. La idea es que vaya dos meses delante del que va construyendo el proyecto.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

# Organigrama de COCOSA

El siguiente organigrama muestra los nombres y cargos de las personas involucrados, en los diferentes departamentos que integran a la empresa COCOSA, el cual es importante para comprender la estructura presente y las personas encargadas de promover los cambios en los diferentes departamentos.

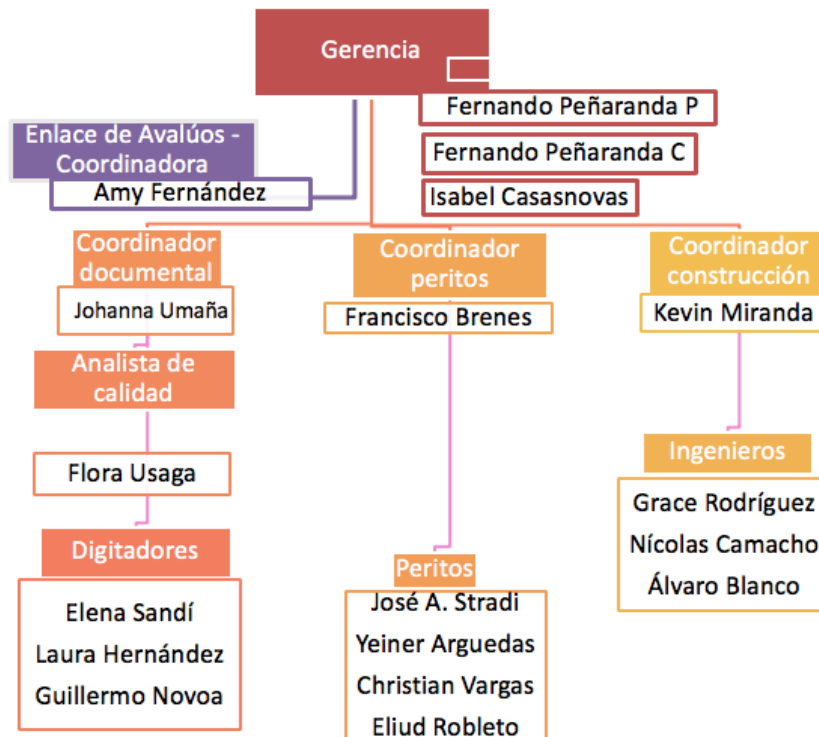


Figura 3. Organigrama de la empresa COCOSA  
Fuente: Elaboración propia, con Microsoft Word.

# Análisis FODA de COCOSA

A continuación, se presenta el análisis FODA, que se le aplica a la empresa COCOSA, con el fin de comprender su situación. En este análisis se muestran las fortalezas y debilidades al lado izquierdo, indicando que corresponden a factores que inciden a nivel interno de la organización. Mientras que al lado derecho se presentan las oportunidades y las amenazas que pertenecen al nivel externo de la organización.



Figura 4. Análisis FODA de la empresa COCOSA  
Fuente: Elaboración propia, con herramienta digital de diseño gráfico [www.canva.com](http://www.canva.com).

# Diagrama de procesos tradicionales en COCOSA

A continuación, se presenta el diagrama que indica el flujo de trabajo a seguir en los procesos que desarrolla el departamento de construcción.

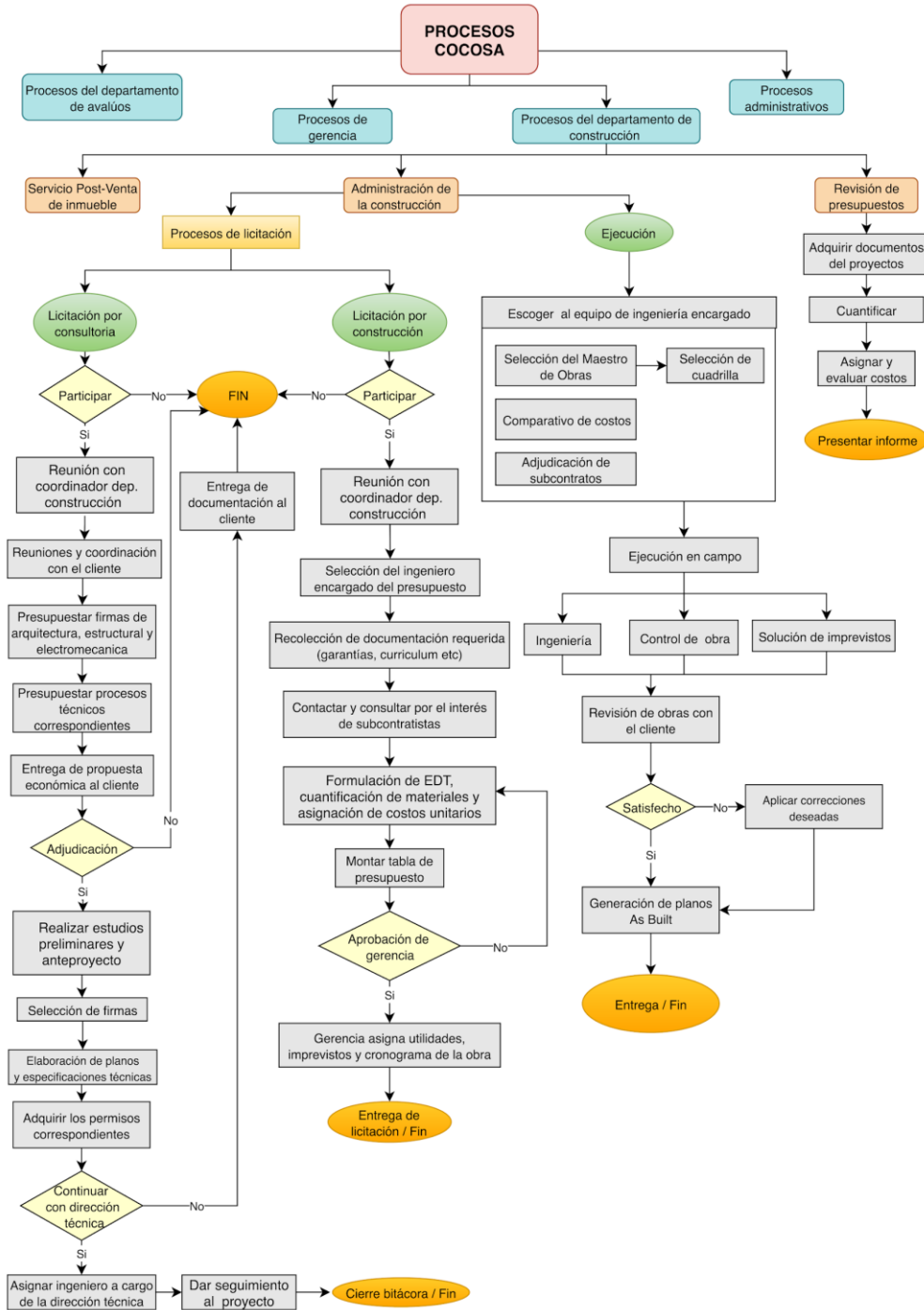


Figura 5. Diagrama con el flujo de los procesos tradicionales de COCOSA  
 Fuente: Elaboración propia, con herramienta de diagramación en línea www.draw.i.



# Plan de acción para implementar BIM

Tal y como se explica en la metodología se realiza el plan de acción que permite a COCOSA implementar la metodología BIM en sus operaciones. Este plan de acción se encuentra de forma completa en el apéndice 2 de este documento. En él se encuentra toda la información que COCOSA necesita para iniciar la adopción de BIM en sus operaciones. Los capítulos fueron diseñados con la intención de lograr una explicación clara y concisa de la información analizada.

Cabe destacar que los diagramas empleados, siguen características similares a las de un diagrama de flujo, como la toma de decisiones, sin embargo, no se consideran como tales, ya que, aplican formas gráficas que no son propias de un diagrama de flujo, la idea de realizar el diagrama con este formato fue extraída del trabajo de, Valle (2014), el cual se observa en el Anexo 1 de este documento.

Se decide adoptar esta forma de diagrama por su fácil comprensión. Dicho formato fue validado por la Gerencia de COCOSA.

El plan de acción es un documento destinado a COCOSA por lo que su formato y redacción es independiente, a la empleada en este documento. A continuación, la figura 6 y la figura 7 muestran la portada e índice del plan de acción desarrollado, el cual como se menciona se encuentra de forma completa en apéndice 2 de este documento.



# Plan de acción para implementar BIM

Constructora Costarricense S.A

Fundada en diciembre 1977

Elaborado por

César Gabriel Rodríguez Bonilla

Fecha

Junio del 2019



Apdo. 11110-1000 San José, Costa Rica • Tel: +506 - 2282-7191 • Fax: +506 - 2282-7226 • E-mail: cocosa@cocosa.net • Sitio Web: www.cocosa.net

Figura 6. Portada del documento "Plan de acción para implementar BIM"  
Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

## Índice

1. Argumentos de implementación BIM.....	1
2. Problemas a enfrentar.....	3
3. Objetivos de COCOSA en la implementación de BIM.....	5
4. Factores relevantes para la implementación de BIM.....	6
5. Metodología base para establecer planes de acción en la implementación de metodología BIM para empresas constructoras costarricenses.....	7
6. Usos de la metodología BIM que se desean incluir a los procesos de COCOSA.....	9
7. Gradualidad y tiempo de implementación .....	10
8. Nuevo diagrama de procesos del departamento de construcción.....	13
9. Alcance y requisitos de la información en las diferentes etapas del modelo.....	15
10. Recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo.....	18
10.1. Herramientas BIM a utilizar.....	18
10.2. Solución al hardware requerido por las herramientas.....	25
10.3. Equipo de liderazgo BIM.....	25
11. Presupuesto de implementación.....	27
12. Secuencia de acciones.....	28
13. Fuentes consultadas.....	29

Figura 7. Índice del documento “Plan de acción para implementar BIM”  
Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

# Análisis de resultados

Este capítulo está destinado a analizar los resultados que se obtuvieron en el desarrollo del proyecto. El análisis se lleva a cabo en el orden en que se obtuvieron los resultados y con un enfoque basado en los objetivos del proyecto.

## Investigación preliminar

Los resultados obtenidos tras la revisión de documentación latinoamericana, permite observar que BIM es una metodología que dispone una mejora significativa de los procesos empleados en la construcción de una obra civil por parte de todas las disciplinas involucradas. “Esta nueva forma de trabajo ha permitido a profesionales de las diferentes disciplinas entregar proyectos de la mano de ideologías como: el *Lean Construction* y el *Integrated Project Delivery*”. (Chonkan, 2016, p.8).

La investigación señala que la implantación del BIM en una empresa supone una transformación en la forma de trabajo. La intensidad del cambio depende del nivel de BIM que se desee y de la actividad de la empresa. La revisión y mejora de los procedimientos existentes, proporciona una ventaja extra y un aumento en la productividad. “Todas estas novedades traen consigo nuevos retos para la supervivencia de las pequeñas y medianas empresas, pero también nuevas oportunidades”. (Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2017, p.19).

Un aspecto destacado de los resultados de la investigación es que se encontró una gran cantidad de información por parte de las empresas de software, las cuales brindan propaganda errónea de la realidad del BIM, haciendo creer que la compra de una determinada herramienta implica inmediatamente un nivel alto de BIM, lo cual es falso, debido al gran trabajo de implementación, capacitación e inversión que requiere.

“Las empresas que mejor se adapten al cambio serán, las que tendrán mayor posibilidad de subsistir”. (Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2017, p.19). Para proveer la solución óptima, algunas empresas optan por cambiar su modelo de negocio, otras establecen o refuerzan sus procesos, otras adoptan colaboraciones con otras organizaciones. Lo que es seguro es que difícilmente una organización del sector construcción podrá ser competitiva sino evoluciona en algún modo, su forma tradicional de trabajo. La actual incertidumbre económica que se vive en Costa Rica por el déficit fiscal y la deuda externa del país, así como la llegada del nuevo paquete fiscal han debilitado notablemente al sector. Por lo que las empresas no se encuentran en el mejor momento para afrontar los cambios.

Las pequeñas empresas son adaptables y reaccionan más rápidamente que las grandes, debido a que existe menor oposición al cambio. Su menor infraestructura exige una menor inversión económica y mejora la imagen corporativa de la empresa. (Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2017).

Para dar con un buen nivel de adopción se destaca que: “el uso de la tecnología BIM debería darse desde la etapa de diseño, interrelacionando las diferentes disciplinas para evitar interferencias desde el inicio”. (Vargas, 2015, p.93).

## Investigación nacional

Los resultados de esta investigación permiten identificar las herramientas BIM adecuadas para el territorio costarricense. La investigación identifica las dificultades que existen para implementar BIM de primera mano. Como la ausencia de un marco normativo, que facilite las relaciones contractuales y la definición de los requisitos de la información en los proyectos.

Se aprecia que las empresas nacionales conocen los beneficios del BIM, pero no conocen cómo medir estos beneficios en la práctica. Por lo que no hay datos cuantitativos a nivel nacional, de cuánto dinero, tiempo, o trabajo conlleva o ahorra la aplicación de BIM.

La información obtenida permite entender los factores importantes y el camino a seguir para adoptar esta metodología en el sector público y privado del país.

Uno de los aspectos destacados de esta investigación es que los aspectos prácticos fueron cubiertos al consultar a profesionales, que ya emplean esta forma de trabajo en sus funciones diarias. Esto permite llenar un espacio de inexperiencia que existía por parte del investigador. Además, la participación del conversatorio: “Implementación del BIM en la Construcción Pública: El Caso Chileno” facilita la comprensión de la situación actual del país respecto al tema, al brindar un panorama claro de la situación nacional.

## Diagnóstico de COCOSA

El diagnóstico realizado a COCOSA, tuvo como resultado tres productos que permitieron identificar: procesos, colaboradores y condiciones de trabajo, presentes a la hora de iniciar el proyecto. Este diagnóstico era necesario para tomar decisiones correctas, que no afectasen a la organización. Los productos obtenidos y el análisis de estos, se muestra a continuación.

### Organigrama

Este producto muestra gráficamente la estructura que se sigue en COCOSA. Su creación ubica a los miembros internos, en sus respectivas funciones de acuerdo con el departamento al que pertenecen. A su vez el organigrama identifica el orden jerárquico que se debe de seguir a la hora de tomar una decisión.

La comunicación se facilita a lo largo del proyecto, debido a que el organigrama permitía acudir a los miembros correctos para realizar consultas o aclarar dudas. Además, este será útil para determinar cuáles miembros serán los

adecuados para llevar la información de implementación a los demás.

## FODA

El análisis FODA deja en evidencia que COCOSA debe corregir algunos aspectos previos a la implementación de BIM, como generar una base de datos para el departamento de construcción y definir formatos para la presentación de informes. El análisis FODA identifica condiciones económicas del país, las cuales indican que: “el sector de la construcción logró repuntar en un convulso y difícil 2018, marcado por las presiones del déficit fiscal, el cambio de Gobierno y la incertidumbre que generó la discusión política en torno a la Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas”. (Avendaño, 2018).

Se produce un panorama claro de los factores internos y externos que afectan o pueden ser aprovechados en la implementación de BIM, como lo es la población joven y con interés en nuevas tecnologías.

Por otra parte, en el presente año la amenaza está marcada por un gran signo de interrogación. Ya que los servicios de ingeniería, arquitectura, topografía y construcción tendrán que pagar un 4% de impuesto al valor agregado (IVA) con la recién publicada reforma fiscal, encareciendo las obras. (Avendaño, 2018).

## Diagrama de procesos tradicionales

Confeccionar este diagrama fue de gran utilidad para el proyecto, ya que permite la comprensión del flujo de trabajo que se sigue en COCOSA, para las diferentes actividades del departamento de construcción. Se aprecia que COCOSA cuenta con varios departamentos. Los departamentos de construcción y avalúos son los de mayor peso, sin embargo, se dio enfoque únicamente al departamento de construcción.

El diagrama en conjunto a la investigación realizada, permiten identificar cuáles serían los usos de BIM que se adoptan. Destacan los procesos de licitación y la ejecución de obra.

# Metodología para generar planes de acción BIM

La metodología desarrollada toma como base el diagrama indicado en el Anexo 1 de este documento, el cual fue desarrollado por Valle (2014, p.34). Este diagrama contempla una separación en la organización, los procesos y la tecnología, la cual permite observar que el factor tecnología, no es el de mayor peso. Al dejar en evidencia que el éxito de BIM radica mayoritariamente en un fuerte trabajo como organización y en el establecimiento correcto de los procesos.

El diagrama era necesario para definir y exponerle a COCOSA la forma en que sería confeccionado su plan de acción, de esta manera Gerencia realiza observaciones y opina si consideraba que algún aspecto estaba quedando por fuera, obteniéndose el producto mostrado en la figura 3 del apéndice 2. El cual contó con la aprobación correspondiente por parte de Gerencia.

A nivel nacional la metodología planteada presenta una gran importancia, esto porque define el proceso a seguir por cualquier constructora, que desee adoptar BIM. El resultado se considera completo, debido a que cubre todas las acciones necesarias para lograr una adopción estructurada. Contempla la comunicación con las altas esferas de la empresa y garantiza la comprensión de la metodología, así como de los procesos de la organización interesada. Contempla la confección de objetivos, y la descripción de cómo llegar a un nuevo diagrama de procesos. Sin dejar de lado la selección de las herramientas y su hardware, propone la formación de un equipo de liderazgo BIM encargado de llevar la adopción a cabo, y generar un presupuesto que esté acorde al planteado.

## Plan de acción para implementar BIM

El plan desarrollado brinda los argumentos que justifican, por qué implementar BIM es importante para COCOSA. Además, indica los problemas a enfrentar en su implementación, y las limitaciones

encontradas. Para desarrollar este plan de acción se sigue la metodología planteada en la figura 3 del apéndice 2.

En base a los factores relevantes para implementar BIM, brindados por Valle (2014, p.31), se confecciona el siguiente cuadro para analizar el plan de acción.

<b>Cuadro 2. Análisis del cumplimiento de los factores relevantes para implementar BIM</b>	
<b>Factores</b>	<b>Evaluación</b>
Existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación de BIM	Se logró elaborar una guía, la cual brinda información completa y entendible para implementar BIM. Condición: Alcanzado.
Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes de la empresa que utilizarán BIM para el desarrollo de proyectos	La búsqueda del trabajo colaborativo es un aspecto que se tomó en cuenta desde el inicio del proyecto. Este enfoque de colaboración tomó en cuenta el nivel interno de COCOSA, pero principalmente se planteó la forma de colaborar con otras empresas. Condición: Alcanzado.
Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales	Para la confección de este plan de acción hubo una participación activa por parte de la Gerencia. Los miembros con cargos operacionales también participaron, permitiendo apreciar gran interés por el proyecto. Condición: Alcanzado.
Claridad de cómo se realizará el intercambio de información luego de implementar BIM	El intercambio y los requisitos de la información para el caso de Costa Rica es un tema difícil, ya que no existe un marco normativo que permita definir con claridad tal intercambio. Sin embargo, el nuevo diagrama de procesos indica a grandes rasgos este intercambio, y dentro del plan de acción en la sección 9, indica cuáles aspectos deben ser tomados en cuenta para definir el alcance y requisitos de la información en las diferentes etapas del modelo. Condición: Presentó dificultades.
Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes	El tema indicado en el plan de acción para tratar, la gradualidad y tiempo de implementación, abarcan este factor. Los resultados de este tema fueron

hoy en día, para que se adecuen a la metodología BIM	utilizados para confeccionar el nuevo diagrama de procesos. Condición: Alcanzado.
Capacitación de los equipos de trabajo en base a los conceptos BIM	La capacitación requerida por el equipo fue contemplada para elaborar la propuesta y será mejorada a través de las reuniones que se tengan en la puesta en marcha. También se contempló la capacidad de los equipos de otras disciplinas a nivel nacional para definir las herramientas y el flujo de trabajo que podía ser alcanzado. Condición: Alcanzado.
Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores	Con los cargos y las competencias propuestas para la formación del equipo de liderazgo BIM, se cubrió este tema. Condición: Alcanzado.
Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación	Las herramientas planteadas permiten una adecuada implementación. Además, el equipo de liderazgo BIM se convierte en el área técnica destinada a llevar a cabo esta acción. Condición: Alcanzado.
Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación	Este equipo fue propuesto y consta de cuatro integrantes inicialmente. Condición: Alcanzado.
Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de todos los involucrados	Dentro de la secuencia de acciones indicada en el plan de acción, se encuentra la tarea de organizar una reunión para comunicar al resto de involucrados, el cambio que está por realizarse. Condición: Alcanzado.
Existencia de objetivos claros para la implementación	Se definieron objetivos de implementación a corto y largo plazo. Condición: Alcanzado.
Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación	La sección final del plan de acción, indica una secuencia de acciones. Que se recomienda seguir para llevar a cabo la implementación. Sin embargo, un programa más detallado no pudo ser elaborado por escasez de tiempo. Condición: Alcanzado con deficiencias.

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word

## Objetivos definidos

De acuerdo con el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (2017), los objetivos se definen concretamente y se establece algún tipo de indicador que permita medir el grado de su cumplimiento. Además, presentan un plazo fijado para su cumplimiento.

Los objetivos planteados en el plan de acción siguen dichas indicaciones, ya que están planeados para un corto y un largo plazo. Además, hay indicadores en cada plazo, como establecer un grupo de contactos de confianza o duplicar la actividad de COCOSA en un proceso específico. Estos objetivos fueron planteados por el investigador y aprobados por Gerencia.

## Usos de la metodología BIM a emplear

De acuerdo con los objetivos planteados y los procesos que se efectúan en COCOSA, se definieron los usos que se pretenden aplicar. Dichos usos también recibieron el visto bueno por parte de Gerencia. Se les considera adecuados y provechosos para las labores que ejerce COCOSA.

## Nuevo de diagrama de procesos

Contempla aspectos relevantes como los usos que se desean adoptar, la gradualidad y el tiempo de implementación. Contempla las limitaciones del sector, e indica qué camino tomar en caso de que las condiciones para el BIM no se estén ejecutando. El diagrama propuesto es elemental para cumplir los objetivos planteados, por lo que recibe la aprobación por parte de gerencia.

## Selección de herramientas BIM

El cuadro 2 del Apéndice 2, evalúa las herramientas que brindan mayores beneficios operacionales y permite la toma de esta decisión en función de su facilidad de implementación y el costo asociado. Esta selección implica trabajo, ya que existen varias herramientas en el mercado, y

la mayoría de los proveedores no indica el costo en sus páginas web principales para Latinoamérica. Se suele necesitar una comunicación vía correo electrónico con el departamento de ventas, la cual muchas veces no es en español, dificultando la buena comunicación. El proceso es engorroso, en algunos casos brindan un mal servicio de atención al cliente y su forma de vender el producto a toda costa, dificulta la información.

Fue esencial adoptar únicamente aquellas que brinden el mayor beneficio, al menor costo posible. Por eso el cuadro 2 del Apéndice 2 es adecuado para tomar la decisión. Para su selección se toman en cuenta los usos planeados de BIM, así como los procesos en los cuales toma partida, ya que no es conveniente ver solamente el uso que se plantea de forma interna. Si no también, el flujo general que tendría un proyecto, implicando el hecho de recibir información elaborada por otros. Por eso las herramientas seleccionadas están pensadas para crear sinergia entre los diferentes frentes de trabajo de un proyecto. Para tomar la decisión se analiza la lista de herramientas BIM indicada por BIM Forum Chile (2017), y se les dio prioridad a aquellas herramientas recomendadas por profesionales consultados. Al final del análisis se propuso el siguiente grupo de herramientas para satisfacer los procesos requeridos en la adopción de BIM. La selección de forma detallada se indica en la sección 10.1 del Apéndice 2.

### **Revit para la creación de contenido**

Seleccionado debido a que en él se desarrollan modelos 3D, basados en la información de planos de una licitación, y permite agregar información de todas las disciplinas involucradas. Aunado a esto permite abrir y extraer información de los modelos realizados por otros, al evitar inconvenientes con el formato del archivo, ya que en la mayoría de las ocasiones se usará en su formato nativo, debido a su éxito en el mercado nacional.

### **Navisworks para la gestión de proyectos y construcción**

Permite realizar modelos 4D, cuantificaciones, elaborar presupuestos, y coordinar especialidades a través de la detección de interferencias. Esta herramienta presenta una importante ventaja, porque Revit es la herramienta predilecta en Costa Rica para modelaje y como ambas son de la casa Autodesk, los trasposos de información son confiables, además de que la capacitación sería viable, pues existen profesionales usando Navisworks. Incluso el coordinador del departamento de construcción en COCOSA, el Ing. Kevin Miranda, ya ha utilizado Navisworks en sus funciones básicas. Permite realizar revisiones en la detección de interferencias, y genera modelos 4D en el grado que COCOSA los necesita y en compañía de Microsoft Excel se generan los presupuestos. Todo indica una mayor facilidad si se adopta Navisworks, ya que incluso Excel es parte de las herramientas usadas con mayor frecuencia en COCOSA.

### **Procore en la gestión de activos, y la gestión de proyectos y construcción**

Era indispensable que exista una herramienta, que permita sacarle provecho, a los procesos directamente relacionados con la construcción. Ya que gran parte de BIM se encarga de generar buena información, en las etapas de diseño. Pero a la hora de construir, a COCOSA le interesa contar con herramientas que le permitan llevar el control de los proyectos, al facilitar el manejo de los documentos y el control de costos de la construcción.

Procore brinda un ambiente de trabajo en la nube, que permite administrar la documentación de cualquier proyecto como: encargados, submittals, seguridad laboral, compras y facturas, control del costo de la obra, control del avance etc. Además, cuenta con una atención especializada para América Latina, en donde ellos son los encargados de brindar una capacitación completa; no solo en las etapas iniciales, si no a lo largo de toda la vida de Procore, lo cual facilita su



implementación y reduce la curva de aprendizaje. Aunado a lo anterior, permite ingresar una cantidad ilimitada de usuarios a cada proyecto que se coloque en la plataforma. Ya existía un acercamiento previo de COCOSA con Procore en el año 2015, pero sucede que ha crecido en estos años.

De los mayores beneficios que se destacan, es el hecho de que Procore aportaría no solo al departamento de construcción, sino que sus herramientas internas, pueden ser útiles para los otros departamentos de COCOSA, siendo viable en términos económicos. Cabe destacar que Procore no nació para trabajar con BIM, sin embargo, se han adoptado dentro de la plataforma opciones que integran BIM a Procore. Esta integración permite colocar los modelos en la plataforma, y lograr la visualización del modelo para enviar comunicados alrededor de este, y así solucionar inconvenientes. Lo cual cumple con el uso que COCOSA plantea para estas plataformas colaborativas.

Propiamente A2P toolkit, sirve para generar esta interacción con Navisworks y Procore. La selección se basa en que Navisworks será la herramienta utilizada para la coordinación de especialidades, y está en conjunto con Revit completan un ciclo de trabajo adecuado para las condiciones del país y de COCOSA.

## **Solución del hardware requerido**

La solución del hardware se basa en las demandas de las herramientas BIM a utilizar. El encargado de los equipos de cómputo en COCOSA se encargó de definir las características de los hardware necesarios, una vez que se le facilitó la decisión. Posteriormente, se busca el precio de un equipo con dichas características y se revisó que las indicaciones brindadas para el hardware estuvieran correctas. Por lo que se logra cubrir este aspecto de manera correcta. De momento se plantea la compra de un equipo, si la demanda de procesos BIM aumenta, será necesario la compra de otro equipo.

## **Equipo de liderazgo BIM**

En los cuadros 3 y 4 del Apéndice 2, se indica el equipo sugerido y la capacitación que estos deben tener. Dicho equipo se conforma por cuatro integrantes, que serán los encargados de dirigir esta implementación y de fomentar la metodología a los demás miembros.

Los cuatro puestos contemplan e indican las competencias necesarias para cubrir los procesos BIM planteados. El éxito de BIM, necesita de profesionales capacitados para: desarrollar, interpretar, revisar y extraer la información de un modelo. Al tomar dichos factores en cuenta, se aprecia que el equipo de liderazgo es completo y oportuno para iniciar la adopción de BIM.

## **Presupuesto de implementación**

En el cuadro 5 del Apéndice 2, se presenta el presupuesto, basado en los resultados de las herramientas, hardware y capacitación. El presupuesto cerró en \$21,715.00 este es el monto necesario para implementar BIM. Existirán costos asociados que son difíciles de cuantificar, como el retrabajo que genera la curva de aprendizaje. De momento el monto es mayor por la capacitación inicial, después el gasto anual será de \$18,200.00. El monto anterior se encuentra adecuado para el sector y para una empresa mediana como COCOSA, no así para una empresa pequeña.

Si se analiza el hecho de que estas herramientas como mínimo, permiten una eficiencia, tal que, solventan el puesto de un trabajador que organice y digite información de los diferentes procesos. Y a este trabajador se le paguen \$900 mensuales, el costo anual de este trabajador es de \$11,700.00. Por lo que el monto en cuanto a productividad es justo y las herramientas planteadas, traerán mayores eficiencias a los procesos de COCOSA, y un interés por parte del mercado, que justifican el monto de la inversión inicial.

# Conclusiones

- En base a la investigación realizada se aprecia que uno de los puntos relevantes a la hora de implementar BIM es definir correctamente el alcance de los modelos previos a cada proyecto. De lo contrario será difícil que se logren procesos de valor.
- Una limitante para estimar los costos financieros de implementar BIM, es que la mayoría de los proveedores no indica el costo del software en sus páginas web principales para Latinoamérica. Por esta razón, es necesario establecer contactos con las empresas por otros medios tales como vía telefónica o vía correo electrónico con el departamento de ventas, lo cual vuelve el proceso lento e ineficiente.
- Se aprecia una limitante en que la mayoría de las páginas web brinda atención en inglés, dificultando la buena comunicación, además en la mayoría de los casos brindan un mal servicio de atención al cliente y, su forma de querer vender el producto a toda costa, dificulta la obtención de información de valor.
- Las pequeñas empresas son adaptables y reaccionan más eficazmente que las grandes debido a que existe menor oposición al cambio. Su menor infraestructura exige una menor inversión económica y mejora la imagen corporativa de la empresa.
- El factor tecnología, no es el de mayor peso. El éxito de BIM radica en un fuerte trabajo como organización. Al producir los esfuerzos necesarios para el cambio, y contemplar los procesos que realmente agregan valor a BIM.
- Existe gran cantidad de información por parte de las empresas de software, las cuales propician una propaganda engañosa; al facilitar una idea errónea de la realidad del BIM, ya que confunden al cliente y le hacen creer al lector que la compra de una determinada herramienta implica inmediatamente un nivel alto de BIM, lo cual es falso, debido a la necesidad de un fuerte trabajo de implementación, capacitación y compromiso por parte de la organización interesada.
- De acuerdo con la investigación realizada y a las tendencias en el sector construcción, se visualiza que BIM, llegará a ser en un plazo de cinco años, una tecnología indispensable en la mayoría de las empresas, por lo que las empresas constructoras deberán ir migrando y tomando previsiones para el cambio.
- En base a las entrevistas realizadas, se aprecia que la academia se encuentra rezagada en cuanto a la preparación y enseñanza del BIM. Ya que una gran parte de profesionales han sido capacitados en el uso de las herramientas BIM, pero no comprenden realmente el flujo de trabajo y la sistematización que exige BIM, en los puestos de trabajo. Como consecuencia sigue existiendo en la práctica, grandes cantidades de retrabajo en las cadenas de suministro que dan vida a un proyecto BIM.
- De acuerdo con los resultados del análisis FODA, COCOSA debe corregir aspectos

previos a la implementación de BIM como: generar una base de datos para el departamento de construcción y definir formatos claros para la presentación de informes.

- Se visualiza que las empresas nacionales conocen los beneficios del BIM, pero no tienen forma de medir sus beneficios en la práctica. Por lo que no hay datos cuantitativos a nivel nacional, de cuánto dinero, tiempo, o trabajo conlleva o ahorra la aplicación de BIM.
- La ausencia de un marco normativo BIM para Costa Rica es el aspecto que más afecta su correcta adopción. Debido a que impide la definición estandarizada de los requisitos de la información en cada proyecto, además de dificultar el tema contractual en los proyectos que aplican BIM como metodología de trabajo.
- La metodología base generada para establecer planes de implementación BIM en empresas constructoras costarricenses, es de valor para el sector construcción a nivel nacional, ya que la adopción de BIM se ha dado mayoritariamente en las oficinas de diseño, y este plan permitirá que los constructores empiecen a adoptar BIM con criterios técnicos adecuados y de forma estructurada, al contemplar la realidad del BIM en el país.
- La investigación efectuada identifica condiciones económicas del país, las cuales indican que el sector construcción se verá afectado por las presiones del déficit fiscal, el cambio de Gobierno y la incertidumbre que genera la nueva Ley de Fortalecimiento de las Finanzas Públicas, ya que con ella los servicios de ingeniería, arquitectura, topografía y construcción tendrán un cargo fiscal creciente en los próximos años, lo que afectará al sector. Por lo que BIM y su atracción de clientes se visualiza como la forma de sobrellevar estos cambios.
- El grupo de herramientas seleccionadas permiten a COCOSA cubrir la demanda de

los procesos BIM planteados. Dichas herramientas permiten buenas prácticas del BIM, como la colaboración entre disciplinas. Además, entre estas herramientas se garantiza buena comunicación, facilitando sinergia entre los flujos de trabajo de COCOSA, y los del mercado.

- El equipo de liderazgo BIM sugerido conformado, permite dirigir la implementación y fomentar la metodología a los demás miembros de la Empresa. En base a documentos técnicos se aprecia que el equipo de liderazgo es completo y oportuno para iniciar la adopción de BIM.
- El presupuesto estimado de \$21,715 contempla herramientas, hardware y capacitación. El monto es considerado aceptable para el sector y para una empresa mediana como COCOSA, no así para una empresa pequeña. Se considera que la implementación de BIM traerá mayores eficiencias a los procesos de COCOSA, y un interés por parte del mercado, lo que justifica el monto de la inversión inicial.
- El plan de acción para implementar BIM en COCOSA, se realiza a la medida. Este contiene la información teórico-práctica suficiente para que COCOSA adopte BIM de forma segura, y con un panorama claro de todo lo que involucra.

# Apéndices

En este capítulo se muestran los dos apéndices que son necesarios para la comprensión y desarrollo del proyecto. Se adjuntan como apéndices las siguientes producciones:

- **Apéndice 1.** Transcripción de las cuatro entrevistas aplicadas a profesionales con experiencia en la metodología BIM, con el fin contemplar el juicio de expertos.
- **Apéndice 2.** Plan de acción para implementar BIM dentro de COCOSA.

# Juicio de expertos #1

Entrevista al ingeniero, Alberto Blanco, 28 febrero de 2019

## Perfil:

Alberto, es gerente general de “Constrial S.A.”, cuenta con un Máster en Administración de Proyectos y con una acreditación como: Project Management Professional (PMP), del Project Management Institute (PMI).

Su experiencia radica en ocho años como ingeniero de campo cumpliendo funciones de ingeniero residente y director de construcción. Posterior a esto trabajó un año en la administración de proyectos en el campo inmobiliario. Y por último lleva tres años en “Constrial S.A”, realizando importantes esfuerzos en los últimos dos años por implementar BIM.

## Transcripción de la entrevista

### - **Estudiante:**

¿Cuáles aspectos considera claves para que la implementación de BIM tenga éxito en una empresa constructora?

### - **Ing. Alberto:**

OK, bueno. El punto número uno, sugeriría que fuera, que se tome la decisión a nivel de gerencia de llevar el proceso de cambio. Si no existiese una voluntad en las altas esferas de la empresa sería muy complicado llevar a cabo un proceso de implementación BIM...obviamente.

Además, de que usualmente los que están en las altas gerencias no tienen el conocimiento detallado...a veces sí general, de lo que considera una implementación.

Entonces número uno, es tener esa aceptación por parte de las altas esferas y número dos, tener a alguien con conocimiento, que sea un líder en la empresa en la parte técnica. El cual pueda llevar esta implementación a cabo, a partir de estrategias que se definen con la gerencia. Esos puntos son muy importantes, lo demás yo creo que podría ser...no tan importante, ja,ja,ja.

Otra cosa es que, manejar los cambios en las empresas, manejar cualquier cambio, la implementación de; llámese BIM o cualquier otro, también, es algo que hay que manejarlo y hay que saberlo llevar.

Eso no es tanto de metodología BIM, sino de cualquier cambio, un cambio cultural en la empresa tiene que llevarse de forma ordenada y con un profesional que sepa cómo hacerlo. Eso, también, sería una sugerencia.

- **Estudiante:**

La segunda pregunta sería: ¿Qué recomendaciones podría brindar para lograr un verdadero trabajo colaborativo en los proyectos BIM?

- **Ing. Alberto:**

Ok, hay algo importante que se demarca ahí y es trabajo colaborativo. Para que exista un trabajo colaborativo tienen que haber diferentes personas que estén sintonizadas trabajando de forma colaborativa. Si estas personas no tienen los insumos bases, no tienen un lenguaje común, esto no va a suceder, entonces...en primer lugar, hoy por hoy, no podemos decir que el 100% de los profesionales que trabajamos tienen este tipo de bases, entonces lo primero es; haga usted sus bases.

Luego, buscar quién tiene bases similares a las suyas, y a partir de ahí pónganse de acuerdo para trabajar de forma colaborativa. Emmm, hay una escala de madurez en el proceso de implementación BIM, que primero inicia con un: "*Lonely BIM*", que ese soy yo y todo lo que pueda lograr a partir de lo que tengo...no sé, a partir de un modelaje estimo una cuantificación y hago un presupuesto. Eso soy yo y yo, nada más.

Si yo esto lo quiero pasar a un siguiente nivel, por ejemplo; que venga un diseño ya debidamente modelado y que yo lo agarre y por medio de alguna herramienta de cuantificación logre hacer la estimación, ya ahí necesito de alguien, que me dé un producto para yo poder continuar, entonces eh...hoy por hoy yo no he recibido en vez de unos planos, un modelo para poder licitar algún proyecto, por ejemplo.

Y es algo que se tiene que cambiar. Es algo donde los consultores tienen que darme ese input a mí para yo poder avanzar, para así presentar un presupuesto de forma diferente, ok. Entonces lo esencial del trabajo colaborativo es tener una base general de conocimiento y que todos estén dispuestos a colaborar con la información. Esto es un tema extenso, principalmente de cómo es que se tiene que dar esta colaboración por medio de formatos que contienen diferentes tipos de información...porque a veces existen recelos en los derechos de autor y demás, que hoy por hoy ni la ley jeje ni el mercado las han regulado, esa es la pura verdad.

Entonces todavía nos queda mucho por hacer antes de ver esa colaboración desarrollada correctamente, pero hay que ir encaminados. Por ahora mi sugerencia es hágase de personas que estén en la misma línea de producción que usted; de algún diseñador que trabaje en esta línea, que esté dispuesto a entregar los modelos etc.

O por el otro lado, grupos de especialistas en construcción como subcontratistas que igualmente están entonados en esto. Que generen sus modelos a nivel de plano de taller y que sean transferidos a los de usted, para que usted pueda hacer toda la coordinación, esa es mi recomendación para un trabajo colaborativo hoy.

- **Estudiante:**

Ok la tercera pregunta sería: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para la programación de obra(4D) y por qué?

- **Ing. Alberto:**

Ok, hoy por hoy, en Costa Rica existe una casa que es la que mayor popularidad tiene, esta casa tiene para esto, específicamente, un programa que se llama: Autodesk Navisworks.

Navisworks, es un programa, específicamente para esto, unos lo catalogan tieso otros dicen que le falta, pero, ciertamente la sincronización y el lenguaje de todos los programas de Autodesk es muy bueno. Entonces, yo parto de un modelo para poder generar un 4D, si el programa donde genero el modelo no se habla bien con el Navisworks o con el software que vaya a utilizar para hacer el cronograma, estoy frito.

Entonces, si el Revit lo utilizo para modelar y el Navisworks para hacer el cronograma, estos dos se hablan bien, y, es un muy buen inicio. Si yo digo otro, que no sea Navisworks tengo que asegurarme de que esta sincronización de información esté adecuada.

Yo sé que Synchro, también la maneja bien...este VICO, es un software muy interesante, también, en esta línea. De lo cuales solo los he visto a nivel de modelo, mi experiencia ha sido con Navisworks.

- **Estudiante:**

La cuarta será: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para el control de costos(5D) en un proyecto y por qué?

- **Ing. Alberto:**

Mmm, igual el 5D, al igual que el 4D es hecho en un programa, el Navisworks y a partir del 4D, yo genero el 5D, unido con el presupuesto. Actualmente, no he visto todavía un ejemplo donde el propietario esté muy interesado en ver un 5D. Como que ahorita no les interesa tanto, me parece que, hoy por hoy, un 4D empieza a ser más llamativo, y de mayor interés para un propietario, un 5D todavía no lo es, a pesar de que si es muy importante, y, todavía no he visto que se logre implementar de forma adecuada.

- **Estudiante:**

De acuerdo y en base a su experiencia: ¿Qué herramientas o plataformas recomienda para permitir un modelo de coordinación de especialidades, el cual permita generar un verdadero trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados?

- **Ing. Alberto:**

Ok, hablar de un software para un trabajo colaborativo es muy complicado, porque uno no es suficiente. Es un grupo de herramientas, cada una tiene su especialidad.

Vamos a ver...si estamos en una etapa de generación de un 3D, ciertamente el software Revit, me parece que maneja muy bien todas sus especialidades, mejor que cualquier otro de las casas similares, porque ese maneja todas las especialidades en un mismo software.

Las otras digamos como que tienden más a arquitectura, o no están tan desarrolladas en la parte electromecánica, por lo menos las que conozco o las que he visto trabajar.

Un software no es suficiente, necesitamos una cadena para generar un 3D, necesitamos otro para generar un 4D, talvez ese en este caso sirve para generar un 5D. Ya para un 6D

ocupamos otro y para un 7D ocupamos otro. Entonces ahí como mínimo se estarían yendo tres softwares para poder hacerle frente a toda la escala de desarrollo de un modelo.

- **Estudiante:**

De acuerdo, pero una plataforma de forma que el proyecto por así decirlo este en la nube y los demás participantes tal vez indiferentemente del software que estén utilizando, lleguen al trabajo colaborativo a través de buena comunicación por un modelo centralizado, no sé si me explico.

- **Ing. Alberto:**

Si si, correcto, hoy por hoy si he visto varios, el BIM 360 que es igual de la misma casa, de Autodesk tiene cosas muy interesantes. Que permite trabajo colaborativo en la nube. Que básicamente alerta de cambios en el modelo, para que otros los avalen etc etc.

Ese es el ejemplo que tengo al día de hoy, emmm primero quisiera ver a alguien teniendo la capacidad de ponerse de acuerdo sin una plataforma de colaboración y después optimizarlo por medio de una plataforma de colaboración. Pero primero tengo que dar ese paso y es estar anuente a colaborar o ponerse de acuerdo con el otro, porque por más herramienta que tenga puede ser que no sea suficiente para hacerle frente al trabajo colaborativo.

- **Estudiante:**

De acuerdo. ¿Qué beneficios a percibido al implementar BIM en los proyectos, considera que estos son monetariamente superiores respecto a la inversión?

- **Ing. Alberto:**

Bueno hoy día siento que, ha sido puro gasto, no veo ningún beneficio económico en la mira hoy por hoy, si bien es cierto se optimizan muchas cosas en campo, ciertamente son de difícil cuantificación, me encantaría poder hacer un ejercicio bien, exacto de cuánto podría ser el beneficio económico de algo.

Pero hoy por hoy los errores en la construcción o esos retrabajos en la construcción son de muy difícil cuantificación. Entonces no puedo decir cuánto he ahorrado evitando los errores de retrajo si no sé cuánto vale mi retrajo (Lo que no se mide, no existe).

Eso es algo vital, primero necesito cuantificar para después controlar, en este momento siento que las herramientas de control o de cuantificación tienden a ser complicadas. Yo no he visto ningún caso que una constructora lo haga, tal vez lo hacen a nivel muy general, pero yo creo que los retrabajos de quitar una formaleta y volverla a poner en otro lado, por ejemplo, no se están cuantificando.

Y me encantaría poderlo hacer, entiendo que hay varios estudios que hablan de que el desperdicio del tiempo en la construcción ronda en un 40%, me encantaría, en verdad me encantaría poder medir efectivamente ese 40% hoy en mi empresa. Para dentro de un año, mediante este tipo de metodología medir si ese 40% paso a un 30% o a un 20%.



- **Estudiante:**

Emmm, ¿Cuáles son los retos más frecuentes e importantes de superar a la hora de implementar BIM en una organización?

- **Ing. Alberto:**

Mmmm, resistencia al cambio. Ese es ciertamente uno que es muy fuerte, esta es una tecnología disruptiva y no a todo el mundo le hace gracia. Entonces es un cambio donde se ocupa el involucramiento de un profesional con un software, un software que tiene que entender y saber manipularlo. Si este profesional, no está interesado en aprender, pues este cambio nunca se va a dar.

Es un punto muy importante y por aquí tengo una anotación que una vez me inspire y quisiera decirte, porque creo que vale la pena. Es un comentario que había hecho una vez. Dice lo siguiente:

“Si ahora el potencial de un profesional del AEC (Arquitectura, ingeniería y construcción) es medido por su capacidad de interpretar dibujos e información técnica y plasmarla en un diseño o una construcción...el profesional AEC del mañana será medido por su capacidad de plasmar la información relacionada en su ámbito de negocio en un ambiente virtual, colaborativo y centralizado. Donde toda la información generada deberá ser útil para los futuros procesos que vendrán en la vida del activo inmobiliario.

La indiscutible importancia del dibujo técnico como herramienta base de la ingeniería y arquitectura hoy en día es simplemente insuficiente. Ahora el modelaje de la información en ambientes BIM es tan esencial como lo es el dibujo técnico.”

Ya no vamos a depender de esos profesionales con capacidad técnica de resolver problemas en sitio, esto pasara a un segundo plano donde el interés va a estar en profesionales con capacidad de transmitir sus ideas y que todos lo entiendan; no de forma gráfica por medio de un 2D, si no mediante la manipulación de un software. Un profesional que se adapte a la tecnología, que la manipule, y entregue algo para que alguien más lo siga desarrollando.

Si alguien no está dispuesto a hacer eso simplemente, no se va a meter en esto o se lo va comer el mercado.

- **Estudiante:**

La octava es si: ¿Se ha convertido BIM en una ventaja para su empresa en el mercado, atrayendo clientes y dejando mayor rentabilidad en las operaciones?

- **Ing. Alberto:**

Hoy por hoy, estoy apostando a esto porque como te había mencionado, el primero que logre llevar esa curva de aprendizaje y llegar primero arriba, resolviendo la famosa ecuación de cómo aplicar BIM al campo y tener ganancias económicas a partir de eso, será el primero en la línea del mercado, entonces esa sería mi sugerencia.

También hay algo muy importante hoy por hoy, ciertamente esto (BIM) ha sido muy interesante, pues el recibir unos planos en dos dimensiones y darse la tarea de hacer modelos preliminares a nivel arquitectónico, estructural y electromecánico, simplemente para podérselo presentar a un cliente que no sabe si te va a contratar o no te va a contratar, ha sido muy interesante.

La aceptación de los propietarios a una oferta diferente, donde no solo se limite a una simple tabla de pagos, a un currículum y a un monto; abre las puertas a que uno sea un agente diferenciador para alguien, ayuda a que ya no nos miren con los mismos ojos.

Se ve que al generar tanta información preliminarmente, de a riesgo...porque a nosotros no nos han pagado absolutamente nada por hacer eso, evidencia un interés real en los clientes. Y eso lo ven con buenos ojos, porque muchos te pueden construir, pero diay, también muchos quieren que el proyecto de ellos sea lo primero que está en tu lista.

Y para nosotros así es verdad, o por lo menos eso es lo que procuramos; entonces tratamos de dar este valor agregado con un modelo preliminar, un 4D preliminar, en nuestras ofertas sin que nadie nos lo esté pidiendo, por el simple hecho de ser un agente diferenciador que nos pueda posicionar mejor en una eventual decisión. Y yo siento que eso sí nos ha funcionado bastante bien.

- **Estudiante:**

La nueve sería: ¿Qué porcentaje de los proyectos son desarrollados bajo un contexto global de BIM?

- **Ing. Alberto:**

No ninguno, usualmente estamos en la etapa de madurez del "Lonly BIM". Y estamos con destellos de subcontratistas y también con consultores que envían información parcializada de lo que se requiera para hacer un BIM global.

- **Estudiante:**

Muy bien gracias la última sería si ¿Ve una ventaja de esta metodología para empresas pequeñas y medianas, o considera que solo las grandes pueden sacar verdadero provecho de esta?

- **Ing. Alberto:**

Más bien considero que las empresas pequeñas y las medianas son las que tienen mayores oportunidades para llevar a cabo la curva de aprendizaje en el menor tiempo posible.

Esa es mi apreciación, las empresas grandes si bien es cierto tienen un músculo financiero mayor, y mayor capacidad de invertir, también la complejidad de sus procesos a lo interno les impide, acelerar la implementación. No es lo mismo tener que preparar a 20 personas que a 4 o a 3.

Así que la oportunidad hoy por hoy siento que la tienen las empresas pequeñas y las empresas medianas. Eso sí a un gran costo, porque las personas involucradas tienen que estar afinadas en esto, para poder llevar este proceso lo más rápido posible.

# Juicio de expertos #2

Entrevista al arquitecto, Juan Carlos Olivas, 4 marzo de 2019

## Perfil:

Juan Carlos, es profesor de la escuela de arquitectura en la Universidad Latina, en la sede central en San Pedro de Montes de Oca. Además, es director de diseño en Architecture Design and Develop ent.

Cuenta con una maestría en arquitectura náutica y marítima, además cuenta con experiencia de diez años en diseño, consultoría y construcción.

## Transcripción de la entrevista

### - **Estudiante:**

¿Cuáles aspectos considera claves para que la implementación de BIM tenga éxito en una empresa constructora?

### - **Arq. Juan C. Olivas:**

Ok, primero que nada, es importantísimo la capacitación del equipo, no puedes digamos pretender que desde el día uno ya los procesos van a estar funcionando y va a ser perfecto, o sea tenés que capacitar a la gente y en realidad la forma más práctica de capacitarlos es...haciendo.

Tenés que tener un proyecto inicial, de alguna consultoría o de alguna oficina de arquitectura que venga completo. Y empezar, porque como te decía la forma adecuada de capacitar es entrando de una vez en materia con el modelo y explorarlo.

Segundo, la inversión en equipo es indispensable, ósea no podés avanzar en un cambio de paradigma de ejecución, si no tenés las herramientas adecuadas, ok.

Y tercero que creo que es muy importante, tener una actitud en toda la organización de accesibilidad o de ganas de salirte de la zona de confort. ¿Que quiero decir? Ya hemos tenido experiencias en la época que tenemos de construcción, donde hay metodologías de 20, 30, 50 años de historia que hemos venido acarreado de metodologías de cómo construir.

Entonces llegar y cambiar un aspecto tan representativo como la forma en que se ve el proyecto, es algo que muchas personas van a repeler, muchas personas digamos van a tener resistencia al cambio. ¿Por qué?, porque están acostumbrados a una zona de confort, a hacer las cosas de la misma forma en que les ha sido enseñado a hacerlo y preferirían seguir haciéndolo así; para no molestarse en hacer un cambio.

Entonces es indispensable que la gente tenga una actitud de aprendizaje, de entender y de querer hacer las cosas distintas...una vez que ya estás enrolado en la forma del BIM, más bien no vas a querer salirte de ahí. Porque es tan fácil y tan práctico que no vas a querer volver a la forma antigua de construir.

- **Estudiante:**

La segunda pregunta sería: ¿Qué recomendaciones podría brindar para lograr un verdadero trabajo colaborativo en los proyectos BIM?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Comunicación, totalmente. Siempre comunicación. Vamos a ver, una de las cosas importantes en un modelo BIM es que todos los consultores tienen que estar hablando el mismo idioma a la misma vez, ok.

No quiero decir que todos los consultores tengan que estar en el mismo espacio, trabajando a la misma vez. Estas plataformas pueden trabajar de forma digital, digamos distanciadas; uno en su casa, otro en una oficina, colaborando y siempre en un constante proceso de comunicación.

¿Qué quiero decir con esto? Mira tengo un tema estructural con las cerchas de techo...si necesito saber dónde van las chimeneas de ventilación, me comunicó inmediatamente con el modelo mecánico, veo si ya esa información está, si no está...doy la alerta (chasqueo de dedos); ¡necesito que se resuelva el detalle de ductería y chimeneas, para coordinar con mi estructura metálica de cubiertas! Es indispensable la comunicación y un medio adecuado para realizarla.

- **Estudiante:**

Ok la tercera pregunta sería: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para la programación de obra(4D) y por qué?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Ok, vamos a ver. Yo utilizaría definitivamente, Navisworks. Toda la producción se va a hacer en Revit (comúnmente) y todo el análisis, tanto de tiempos, proyecciones, cantidades de materiales, conteos, simulaciones climáticas o energéticas; se va a hacer en Navisworks.

Vos podés combinar, por ejemplo, en el 4D...si hablamos de un 4D estamos hablando de un cronograma. Podes hacer el cronograma en lo que vos quieras, puedes hacerlo en Primavera, puedes hacerlo en Project, puedes hacerlo en Excel; donde vos quieras. El tema es después ligarlo a un modelo para que él se exprese, en una cronología de acuerdo a lo que vos querés plantear.

Entonces haciendo un resumen, Navisworks con algún programa de planificación de obra, Primavera, Project, lo que sea. Y el porqué, es básicamente porque es la forma más fácil de entender la cuantificación, los procesos, etc.

- **Estudiante:**

La cuarta será: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para el control de costos(5D) en un proyecto y por qué?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Ok trabajaría igual con Navisworks, ósea el punto es el siguiente: yo en Revit puedo generar conteos, puedo generar tablas de información, puedo generar archivos que se

vinculen con Excel, eso lo puedo hacer; lo que pasa, es que la plataforma de Navisworks lo que hace es transformar todos los elementos en bloques...siguen ellos mismos conteniendo toda su información, solo que no lo voy a poder editar.

Ósea Navisworks es un programa que no es para producción, es un programa para visualización y extraer información. Lo que quiero decir es que utilizaría Navisworks con Excel para generar costos, o si ya hay un programa en la empresa como Procore, o algún programa digamos más específico que te saque costos, puedes hacerlo.

Por qué sería porque es la forma más fácil y práctica de hacerlo, Navisworks te va a reducir un archivo de Revit que puede pesar 200Mb, 300Mb, en 15Mb. Entonces se vuelve un modelo muy fácil de mover y rápido de extraer la información. El Revit en cambio se va a lerdear, porque Revit tiene todo vivo...podes, agregarle, editarle, entonces para sacar cuantificación es más tieso y menos práctico.

Navis es más rápido, puedes hacer "take off". Eso sería contar algo y luego ocultarlo, porque ya lo conté, y sigo con los siguientes elementos...es muy útil.

- **Estudiante:**

De acuerdo y en base a su experiencia ¿qué herramientas o plataformas recomienda para permitir un modelo de coordinación de especialidades, el cual permita generar un verdadero trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Ok la plataforma es esa que te dije...yo creo que Autodesk, toda la plataforma o todo el paquete de Autodesk para BIM es lo que yo recomendaría. Autodesk, Revit, Navisworks, eso es lo que utilizaría, BIM 360.

- **Estudiante:**

De acuerdo. ¿Qué beneficios a percibido al implementar BIM en los proyectos, considera que estos son monetariamente superiores respecto a la inversión?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Definitivamente, el invertir en una plataforma BIM te va a ayudar no solamente a ser eficiente a la hora de la consultoría, me refiero a que, por ejemplo, el estudio que yo he hecho de procesos, indica que perfectamente se logra una reducción en tiempo que he calculado en un 50%.

Quiere decir que, si un proyecto antes vos tardabas diseñando un año, ok; en Revit podés tardar 6 meses, te ayuda muchísimo a tener una constancia en el modelo, vas a estar siempre enterado de todo lo que está pasando y vas a poder ver el modelo para digamos expresarlo de la mejor forma.

Entonces...beneficio monetario en la consultoría, el 50% de ahorro en tiempo. Puedes utilizar a tu equipo los otros 6 meses, para cualquier otro proyecto.

Ok y en el proceso de ejecución, lo que te hablaba del porcentaje de extras. Antes podíamos llegar a trabajar con porcentajes muy altos, de 15%, 20%, 25% de extras y ahora poder reducirlo con BIM de un 3% a un 5% es increíble.

Y va a seguir reduciéndose más, de hecho, es bueno que vos en tu investigación también relaciones hacia dónde va esta tecnología.

¿Qué quiero decir? Va a llegar un punto dentro de unos 15, 20 años donde ya alguien va a diseñar desde un espacio remoto y va a enviar su información a una planta procesadora, donde robots configurados van a construirse el proyecto. Te vas a olvidar de la mano de obra, entonces ese costo de extras a mi parecer llegaría a un 0%. No habría nada que no esté diseñado y nada que esa máquina no pueda construir porque todo está funcionando. Incluso el modelo podría llegar a trabajar como un modelo virtual de ejecución, donde vos puedas llegar y decir...bueno voy a encender el motor de una torre de enfriamiento y voy a hacer que el modelo reproduzca el flujo de líquido a ver si todas las tuberías están conectadas...me explico.

Permite que con el tiempo la cantidad de esfuerzo económico se vaya reduciendo más y más, entonces desde todos los puntos de vista hay un beneficio económico bastante importante.

- **Estudiante:**

Emmm ¿Cuáles son los retos más frecuentes e importantes de superar a la hora de implementar BIM en una organización?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Creo que está muy relacionada con la primera, y uno de los factores más importantes como te decía es la disponibilidad y resistencia al cambio. Tenés que darte cuenta de que cuesta salirse de ese punto confort. Eso es indispensable.

Puedo decir otras no se...el equipo, es algo que se puede solucionar. Una oficina de arquitectura o de ingeniería puede llegar e invertir en más RAM para una compu, y te va a costar 50\$, 100\$. Tal vez no sea necesario que inviertas en un súper equipo desde el principio, eso no va a limitar del todo la metodología. De igual forma el tema de la capacitación del equipo, puedes pagarle un curso a una persona y que esa persona se encargue de distribuir la información a todos. No es tan grave.

Pero el más grave de todos esos es que la gente quiera hacerlo y tener la disponibilidad, porque de nada sirve tener el equipo, tener la gente capacitada...si la gente no quiere hacerlo.

Entonces lo más importante es tener la actitud para poder hacer el cambio, dar el paso al cambio.

- **Estudiante:**

La octava es si: ¿Se ha convertido BIM en una ventaja para su empresa en el mercado, atrayendo clientes y dejando mayor rentabilidad en las operaciones?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Por supuesto que sí, definitivamente. ¿Qué es lo que pasa? te lo planteo así...en nuestra oficina cuando atendemos un proyecto y llega un cliente es muy fácil ir pasando de una etapa a otra utilizando una plataforma BIM.

¿Qué quiero decir? El cliente me busca, me contrató y me dice: yo no lo conozco a usted, no sé cuál es su estilo, no sé cuál es el tipo de proyecto que hace, no sé qué es lo que le gusta. Ok, entonces presentar un anteproyecto, el anteproyecto yo lo monto en Revit de una vez, que es lo que pasa; de Revit puedo brincar fácilmente a otros programas para generar un video, una imagen de venta.

Ahí el cliente me dice, muéveme esta pared, cuando yo muevo un elemento en Revit, no solamente lo muevo en la ventana donde lo estoy moviendo; se mueve en todo lo demás. Entonces cualquier vista que haga se va a ver actualizada. Ahí mismo donde el cliente me dijo...mira no quiero esta pared tráetela para acá, ahí mismo la moví y ya el cambio se generó.

Y no tuve que ir como antes en AutoCad que por ejemplo el cliente llegaba revisaba la planta y me decía, mira quiero mover esta pared. Ah pucha tengo que ir al archivo de la fachada, al archivo del corte, al archivo de la planta de segundo piso. Y en todos, cambiar esa pared.

Entonces qué pasa, estabas con el problema de que diay no somos perfectos; a alguien se le va a olvidar cambiar esa pared en algún lado...entonces ya esa información no está actualizada y eso es un problema grande en obra.

Cuando yo moví esta pared en un programa BIM dígame Revit, se me cambio en todo lado y yo estoy seguro de que no hay fallos.

Entonces si ayuda, uff...totalmente, la rentabilidad; por sobre muchos métodos es lo mejor. Vos podés brincar de un proceso de anteproyecto, rápidamente a planos constructivos. Después de planos sellados constructivos, brincas inmediatamente a la ejecución y todo desde un mismo modelo que partió desde el día 1.

- **Estudiante:**

La nueve sería: ¿Qué porcentaje de los proyectos son desarrollados bajo un contexto global de BIM?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Ok, hoy en día un porcentaje yo diría que el 50% de los proyectos que yo manejo está en una plataforma total en BIM. Hay otros que no, que el cliente digamos contrata a nuestra oficina solo para hacer la parte arquitectónica y él tiene una oficina de electromecánica o de estructural que puede trabajar en Autocad. Uno trata de hacer la coordinación obviamente, sería ideal que todo fuera 100% BIM. Pero eso no ha pasado aún, ósea apenas estamos en un periodo de transición y creo que un 50% es un número real.

- **Estudiante:** Si pasa que ese cliente que te pidió la parte la arquitectónica, te pidió el modelo para juntarlo con los demás consultores.

- **Arq. Juan C. Olivas:** Si nada más que los demás consultores si no trabajaron en BIM lo que van a tener que hacer es, transcribir todo eso a archivos de 2D, además de hacer ellos su coordinación.

- **Estudiante:**

Muy bien gracias la última sería si: ¿Ve una ventaja de esta metodología para empresas pequeñas y medianas, o considera que solo las grandes pueden sacar verdadero provecho de esta?

- **Arq. Juan C. Olivas:**

Todas, es un beneficio para todas las empresas, ósea yo pienso y creo que los más beneficiados, aunque parezca curioso son la PYMES.

Las pequeñas empresas son las que se ven más beneficiadas de este proceso. Lo que pasa es que, para una constructora (PYME) con un capital considerable, esto es simplemente una estrategia, que se convierte en eficiencia, permitiéndoles obtener la mayor cantidad de utilidades en tiempo récord.

Entonces para una PYME que está creciendo...una plataforma BIM es indispensable. Es la forma en la que vas a poder crecer y darte digamos de taco a taco con empresas grandes. Y obviamente no vamos a dudar de que ya en ejecución para constructoras, es esencial tenerlo. Pero hoy por hoy, creo que las PYMES son las empresas que más se benefician con una plataforma BIM.



# Juicio de expertos #3

Entrevista al ingeniero, Rodrigo Romero, 5 de marzo de 2019

## Perfil:

Rodrigo Romero, es ingeniero civil, ocupa el puesto de director BIM dentro de constructora Bilco. Fue fundador de la empresa MiBIM, la cual posteriormente fue comprada por Bilco para solventar esta necesidad en sus operaciones. Rodrigo cuenta con diez años de experiencia en el uso de metodologías BIM enfocadas en la construcción.

## Transcripción de la entrevista

### - Estudiante:

¿Cuáles aspectos considera claves para que la implementación de BIM tenga éxito en una empresa constructora?

### - Ing. Rodrigo:

Número uno, que haya apoyo 100% de la gerencia. Si la gerencia no lo apoya es complicado. La gerencia lo tiene que apoyar con la persona que vayan a involucrar en esto, como que esto sea algo clave en la estrategia de la empresa, verdad...y tienen que comunicarle al resto de la empresa que es un tema importante para la empresa y que todos tienen que ir como moviéndose hacia eso.

Además de ese apoyo, que haya recursos específicos para ese tema, porque se puede usar en muchas áreas de la empresa.

Entonces tiene que haber un grupo de personas encargado de cómo usarlo en los distintos departamentos; ver como se usa para presupuestar, como se usa para hacer cronogramas, como se usa para coordinar verdad. Ese grupo tiene que especializarse en el tema y cuando tenga algo que resolver...que tenga la capacidad de investigar y averiguar cómo resolverlo, aprenderlo y después ir a transmitírselo a otras personas, para que esas otras personas, sepan cómo usar las herramientas y no generen una dependencia a un solo departamento.

Entonces, con que haya interés de la gerencia y un departamento específico para eso y el resto de la empresa también tenga interés y se comunique con ese departamento para ver cómo ellos pueden aprovechar las herramientas, con eso ya empieza a caminar, digamos que relativamente bien.

### - Estudiante:

La segunda pregunta sería: ¿Qué recomendaciones podría brindar para lograr un verdadero trabajo colaborativo en los proyectos BIM?

### - Ing. Rodrigo:

Cuando ya está en construcción digamos, que sea colaborativo implica que todos trabajen en una plataforma común. Usualmente lo que se hace es nada más mandar correos para

un lado y para otro, y la información queda un poco dispersa. Debiese haber, primero una plataforma donde todos puedan comunicarse y transmitir información de manera eficiente. Ese tema digamos que es lo más complicado porque es un tema más cultural que de BIM, digamos que trabajar de manera colaborativa no necesariamente tiene que estar relacionada a BIM. Se supone que cualquier proyecto, todos deberían trabajar de manera colaborativa, y hay muchos temas no relacionados a BIM que se relacionan con eso...como la manera en que se hacen los contratos entre las empresas, hay muchas cosas que no dependen tanto de BIM, BIM tal vez les da una ayuda en que todos tengan la misma información y que la puedan compartir, además de que puedan comunicarse de una manera más eficiente.

Pero el tema de la colaboración en si no es tanto como de BIM, es algo que debería existir con o sin BIM.

- **Estudiante:**

Ok la tercera pregunta sería: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para la programación de obra(4D) y por qué?

- **Ing. Rodrigo:**

Para programación de obra hay varias, digamos Synchro es una que es específica para programación, entonces se supone que es bastante eficiente, esta que nosotros usamos VICO tiene la parte de programación y también tiene la parte de cuantificación entonces uno puede hacer un presupuesto dentro del programa entonces también funciona.

VICO está enfocada en otra metodología de trabajo que no es nada más con el diagrama de Gantt si no que tiene un sistema que se llama LBS (*Location Based Services*) entonces tiene una metodología de trabajo un poco diferente, pero Synchro si es específico para programación de obra entonces es bastante versátil en cuanto a eso.

Y el Navisworks también permite realizar cronogramas y también se puede cuantificar un poco. Cada uno tiene como sus ventajas, pero teoría Synchro es específicamente para programación entonces es más versátil en cuanto a programación.

- **Estudiante:**

La cuarta será: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para el control de costos(5D) en un proyecto y por qué?

- **Ing. Rodrigo:**

Digamos hay varios temas, si es para hacer el presupuesto o si es para hacer el control de costo, porque la parte de BIM lo único que aporta en la parte de presupuesto es para poder cuantificar de una manera más sencilla lo que este modelo, porque no todo lo que hay que presupuestar está modelado. Y una vez que ya uno lo que quiere hacer es un control de costo en el proyecto ya eso es distinto.

Porque uno podría medio controlar lo que ha gastado en materiales y de alguna manera usa el modelo para indicar que construyó ciertos elementos y verificar eso contra lo que ha gastado, entonces si uno lo que quiere es controlar el gasto, no necesariamente hay una herramienta BIM específica para eso. Uno podría usar distintos programas de contabilidad

para verificar, que lo que usted está metiendo en las cuentas contables de la empresa, de alguna manera estén amarrados a lo que usted está construyendo para llevar un control.

Hay varios programas para hacer un presupuesto, que sí pueden recibir información de un modelo...pero para armar un presupuesto completo, digamos que el modelo lo único que ofrece es una cuantificación más eficiente si el modelo está bien hecho. Eso reduce la probabilidad de errores, porque es muy fácil visualizarlo, porque ya no puedo pasarme con un cero, o quitarle un cero, porque eso implicaría que algún elemento se hizo demasiado enorme o se hizo demasiado pequeño. Entonces es más fácil evitar errores y se cuantifica más rápido las cosas que se hayan modelado, pero no todo está modelado.

Se destaca que para hacer el modelo bien, uno ocupa el programa para hacer el modelo. Ocupa Revit para hacer el modelo BIM y después ocupa algunos de los programas de presupuestos que pueda recibir la información del modelo, ordenarla y sacar las cantidades para meterlas en el presupuesto. Nosotros ahorita usamos VICO y WinEST son de TRIMBLE(TEKLA).

Trimble toda la vida a tenido WinEST pero hace como unos 3 años talvez compro VICO y entonces este programa de acá (WinEST), que es donde uno llama al presupuesto antes no se comunicaba con los modelos. Entonces ellos compraron un programa que si entendiera los modelos (VICO) y le manda la información a este otro (WinEST).

Hay programas que hacen esto en una sola plataforma, pero digamos la parte de 5D, no necesariamente es para control de costo en proyecto. Si no que es nada más un tema de cuantificar más eficientemente la información, para elaborar el presupuesto...pero para llevar un control del proyecto digamos de gasto, se ocupan otras plataformas que no necesariamente tienen que ver con el modelo.

Usted debe tener en algún lugar, ordenado y relacionado a su presupuesto lo que usted está gastando, para poder llevar el control. Entonces ese tema de control de costos no ocupa un modelo. Usted puede tener un control de costos si tiene un presupuesto y el control contable, enlazado de alguna manera.

Para el control en sí de costos el modelo no aporta tantísimo y en la parte de presupuestos aporta para cuantificar más rápido y más eficiente, lo que sí está modelado; pero lo que no está modelo hay que moldearlo uno o sacarlo del plano, pero no todo lo que va en el presupuesto está en el modelo.

- **Estudiante:**

De acuerdo y en base a su experiencia ¿qué herramientas o plataformas recomienda para permitir un modelo de coordinación de especialidades, el cual permita generar un verdadero trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados?

- **Ing. Rodrigo:**

Nosotros el que usamos es este (Revizto), hay uno que se llama, BimTrack, que es parecido, Autodesk, tiene su propia plataforma que es el A360. En todas esas uno puede poner los modelos en la nube y dar acceso a todo mundo para que los pueda ver, hacer anotaciones y hacer como revisiones.

Tanto Navisworks como VICO tienen espacios para revisiones, módulos específicos como para poner ciertas reglas, para una detección de interferencias. Decirle, bueno revise esto,

contra esto...dígame si las cosas están pegando. Mucha gente tiene la mala concepción de que la coordinación es correr ese programa y listo. De hecho, eso nosotros casi nunca lo usamos porque tira demasiadas cosas...porque los modelos están tan mal hechos, que es mejor empezar con una inspección visual y revisar las cosas que ya uno sabe que generan problemas.

Uno si puede usar los otros para hacer ciertas revisiones (Revizto etc), pero la mayor parte de la coordinación es visual. Entonces la persona que esté haciendo eso tiene que ser alguien que sepa de construcción, para que sepa que es lo que tiene que ir a buscar, porque estos programas lo que encuentran son las cosas que están pegando; pero hay cosas que no están pegando que igual puede que estén mal. Y como no toda la información está en los modelos, el programa no puede revisar si eso se puede construir, o no se puede construir. Nada más le puede decir si algo está pegando con algo, pero por ejemplo: La tubería puede estar atravesando una viga, pero eso puede que no sea problema...puede que sea un problema solo si está en ciertos puntos de la viga, pero el programa no sabe eso.

Todo ese tipo de cosas las tiene que ir a revisar uno visualmente y hacer una inspección del modelo. Entonces si es solo una inspección visual de la información Revizto, o BimTrack y el A360 funcionan bastante bien porque uno puede caminar por todo el modelo, ponerle distintos colores y hacer las anotaciones para coordinar. Si uno ocupa algo más fino, si lo puede hacer en Navisworks, porque en Navisworks uno si tiene un poco más de control sobre los modelos. Entonces es más fácil hacer una revisión de las puertas porque enciendo las puertas por tipo, les pongo diferentes colores. En este (Revizto) yo puedo encender y apagar todas o ponerles un color a todas. Pero aquí (Navisworks) si tengo más acceso a toda la información del modelo, digamos puedo seleccionarla por un montón de propiedades distintas, mientras que aquí (Revizto) no tengo acceso a todas las propiedades si no solo como a las categorías. En cambio, aquí (Navisworks) yo tengo todos los parámetros disponibles, entonces puedo seleccionar todos los elementos de concreto 280. Puedo entonces seleccionarlos todos y revisar si hay alguno que está mal asignado.

También puedo hacer una codificación por tipo de concreto, otra por tipo de columna, puedo hacer un montón de cosas más en este (Navisworks), a nivel de información. Pero con este (Revizto) no puedo compartir esa información con los demás, entonces si yo lo que quiero puedo hacer mi revisión en Navis y una vez que encontré algún problema, paso a señalar aquí (Revizto) y a distribuirlo al resto del equipo para que ellos resuelvan sus temas.

Uno puede estar usando los dos, el que hace revisiones lo hace en este (Navisworks), pero a la hora de publicar las cosas que hay que coordinar o resolver, las documenta en este otro para darle seguimiento a los temas.

- **Estudiante:**

De acuerdo. ¿Qué beneficios a percibido al implementar BIM en los proyectos, considera que estos son monetariamente superiores respecto a la inversión?

- **Ing. Rodrigo:**

Si, porque digamos la inversión más grande, por ejemplo, del departamento nuestro son los salarios de las personas, verdad...pero las personas si aportan algo en el proyecto y si aportan algo que ayuda a que el resto de la empresa haga mejor su trabajo. Y a que el cliente reciba un mayor valor de nuestros servicios.

- **Estudiante:**

Emmm ¿Cuáles son los retos más frecuentes e importantes de superar a la hora de implementar BIM en una organización?

- **Ing. Rodrigo:**

Lo más complicado es el tema cultural de la empresa, que todas las personas de la empresa quieran cambiarse a distintas maneras de trabajar, la gente muchas veces aprendió a hacer las cosas de cierta manera y no le gusta cambiar la manera en que lo hace.

Entonces lo que más cuesta es que la gente esté dispuesta como aprender a hacer algo nuevo y cambiar la manera en que normalmente hacen las cosas. Todo el mundo está acostumbrado a que ocupan el plano, entonces muchas veces no quieren volver a ver el modelo porque no lo ocupan, porque toda la vida lo han hecho con el plano, entonces no ocupan para nada estar viendo un modelo.

Los planos siempre se van a ocupar, porque siempre hay información que puedo poner en un plano, que no necesariamente puedo poner en un modelo. En el modelo no estoy viendo todos los ejes con las cotas y un montón de cosas que si tiene el plano. Pero eso no significa que entonces no puedo ver el modelo, muchos no lo quieren ver...están en una reunión de coordinación y se ve a todos tratando de imaginarse el punto, y luego llegar y presentar el modelo y decirles ¿esto es lo que están pensando?

No tienen esa costumbre, porque una vez que ya uno lo pone en la pantalla entonces ya ahí si se quedan viendo, y empiezan a trabajar con la pantalla. Pero nadie tiene la iniciativa de decir ¿porque no lo vemos en el modelo? entonces el tema cultural es el más complicado, para implementar cualquier cosa en una empresa.

- **Estudiante:**

La octava es si: ¿Se ha convertido BIM en una ventaja para su empresa en el mercado, atrayendo clientes y dejando mayor rentabilidad en las operaciones?

- **Ing. Rodrigo:**

Si bastante, de hecho, ahorita viene un cliente, que le interesa mucho el tema para unas remodelaciones grandes que él quiere hacer. Y el cliente anda buscando a alguien que pueda hacer la parte de BIM bien porque a ellos les interesa que el proyecto de ellos quede bien y saben que con eso lo pueden lograr.

Los clientes son quienes más pueden mover el asunto porque son los que le piden al resto de personas que hagan las cosas, y como son los que pagan y el que paga manda. Si el que paga dice que quiere un modelo, hay que hacer el modelo. Entonces entre más clientes se interesen por el tema y se eduquen...porque también muchas veces se limitan a

nada más decir: “si yo quiero un modelo de Revit”. Y si, pero el modelo ¿para que lo quiere?, y tal vez resulta que el consultor le hizo un modelo de Revit pero no sirve de nada. Y diay, usted le pidió un modelo de Revit y ahí hay uno...nada más que no sirve para nada, porque usted no le dijo exactamente para que lo quería y que tenía que tener el modelo. Entonces los clientes si se tienen que educar un poco más, en para que quieren el modelo. Y que el tema este de hacer modelos no es un tema en el cual los consultores hacen algo y ellos no cambian nada...ellos (consultores) ahora también tienen que revisar modelos. En vez de estar pidiendo planos y decir que las entregas y los avances son contra planos...si ellos siguen pidiendo planos entonces los otros van a hacer los modelos, nada más para hacer planos. Y no les va a interesar coordinarse, porque si el cliente ni lo va a ver, para que me voy a molestar en coordinarlo. Entonces, si, el cliente tiene mucho que ver en que el asunto se mueva más rápido.

- **Estudiante:**

La nueva sería: ¿Qué porcentaje de los proyectos son desarrollados bajo un contexto global de BIM?

- **Ing. Rodrigo:**

De los proyectos grandes de acá todos, los que a veces si se hacen y a veces no, son las remodelaciones, que no tienen obra gris si no que es nada más como la parte de remodelación interna. Ese usualmente no se hace, pero imagino que el cliente que viene ahorita sí implica que hay que hacerlo. Pero digamos estos de aquí (señala monitor) son todos los que hemos hecho en los últimos 2 o 3 años y hay proyectos que vienen para el 2020 que ya se están trabajando. Algunos de estos nos los han adjudicado desde hace ya bastante tiempo y otros están en licitación.

Pero si de los grandes todos, y de las remodelaciones como el 25%, 30% tal vez.

- **Estudiante:**

Muy bien gracias la última sería si ¿Ve una ventaja de esta metodología para empresas pequeñas y medianas, o considera que solo las grandes pueden sacar verdadero provecho de esta?

- **Ing. Rodrigo:**

Todos le pueden provecho, porque no es tanto lo que hay que hacer para que aporte algo, solo tener el modelo y poder visualizarlo ya algo aporta. Hacer el modelo de cero para algunas empresas medianas o más pequeñas, lo que me han dicho es que a ellos les sirve porque de una vez lo están construyendo ellos personalmente. Si ya reciben el modelo hecho, diay ahí está y nadie lo hizo...entonces si alguien de la empresa lo hizo de cero, verificó que la información que está en planos sirve para construir, porque tuvo que construirlo a partir del plano.

Entonces tiene que revisar toda la información para poder construir el modelo y si no está la información para construir el modelo, entonces no lo van a poder construir en físico tampoco. Hay empresas que hacen un uso pequeño por proyecto o escogen cuáles proyectos si lo van a necesitar y cuáles no...luego asignan un recurso específico en ese

proyecto, para que haga el modelo de cero, entonces todas las dudas que esa persona tiene en el modelo, de una vez las ve con el gerente o con el maestro de obras, entonces de una vez van solicitando la información que el que está haciendo el modelo ocupe. El que está haciendo el modelo entra un mes antes al proyecto y empieza a construirlo, la idea es que vaya dos meses delante del que va construyendo el proyecto, pero lo va haciendo con respecto a planos, entonces es un ejercicio un poco distinto al que hacemos nosotros.

Nosotros no lo hacemos de cero, o bueno presupuestos creo que, si hace sus modelos desde cero, pero los que usamos en construcción generalmente tratamos de agarrar la mayoría de lo que el consultor nos dé, que sirva y nada más le hacemos algunas correcciones.

Pero si en definitiva las empresas pequeñas le pueden sacar bastante provecho también.

# Juicio de expertos #4

Entrevista al ingeniero, Leonardo Chonkan, 5 de marzo de 2019

## Perfil:

Leonardo es el autor de la tesis: "Modelado de información de edificios, como herramienta en la programación de obra y mejoramiento de la contractibilidad" (2015). La cual es una de las fuentes más destacadas en este trabajo.

Desde sus etapas finales como estudiante, hasta hoy día, el BIM a sido su herramienta de trabajo. Cuenta con tres años de experiencia en la investigación, aplicación y enseñanza de metodologías BIM en Costa Rica.

Ha sido docente invitado en la Escuela de Ing. Civil de la Universidad de Costa Rica e instructor en Forge BIM. Inicio trabajando en "Garnier & Garnier Desarrollos Inmobiliarios", donde promovió el uso de BIM en el proyecto "El cafetal" en Belén de Heredia, también formo parte de Constructora Bilco, donde trabajó junto al Ing. Rodrigo Romero, allí fue modelador, coordinador BIM en la fase constructiva y administrador de la documentación.

Y de manera más reciente ocupó el puesto de BIM Project Manager en Blue AEC Studio y es actualmente el coordinador BIM en Circuito, e imparte el curso "Navisworks para coordinación de Proyectos BIM" de la Cámara Costarricense de la Construcción.

## Transcripción de la entrevista

### - Estudiante:

¿Cuáles aspectos considera claves para que la implementación de BIM tenga éxito en una empresa constructora?

### - Ing. Leonardo:

Aspecto número uno es apoyo gerencial, y el número dos emmm, talento humano y pues serían esas dos cosas...apoyo gerencial y talento humano.

Muchas veces tenés una persona que es súper entusiasta del BIM, sabe muchísimo, pero si no tiene apoyo de la gerencia, si no tiene recursos para ese proyecto de implementación no va para ningún lado.

Caso contrario...la gerencia quiere usar BIM, pero no tienen a nadie que tenga la capacidad técnica para implementarlo. No haces nada en ninguno de los dos casos, necesitas apoyo gerencial y talento humano...y esas son las condiciones.

### - Estudiante:

La segunda pregunta sería: ¿Qué recomendaciones podría brindar para lograr un verdadero trabajo colaborativo en los proyectos BIM?



- **Ing. Leonardo:**

Una adecuada identificación de la información que se tiene que transmitir de fase a fase, con eso me refiero a que el cliente tenga claro cuál es la información que se puede sacar del proceso BIM, que el diseñador lo tenga claro, que el contratista lo tenga claro y que se pase esa info...eso es trabajo colaborativo. De manera que la info no se genere dos veces, y no es solo que no se genere dos veces, sino que sea consistente a lo largo de todas las fases del proyecto.

Porque te voy a poner el ejemplo de cuantificación...el cliente tiene una tabla de códigos que es su estructura de costos, su centro de costos y el diseñador usa otra, el contratista usa otra, eso significa la gente contando las cosas 3 veces y eso significa números diferentes y significa que el costo asociado a cuantificar ese proyecto es el triple de lo que en realidad era. Porque no estaba claramente identificado como se debía pasar la información de fase a fase. Entonces eso es para mi trabajo colaborativo y eso aplica para *Clash Detection* y todo lo que usted quiera.

Si yo quiero hacer una detección de interferencias, tengo que tener muy claro cuál es la info que tengo que enviar al BIM manager para que la revise. Eso es para mi trabajo colaborativo.

También está el tema de infraestructura tecnológica, porque antes te hablaba de información. Te pongo el ejemplo hay proyectos internacionales donde hay una oficina en México, hay una oficina en Panamá y los modelos miden 1Gb. Si vos no tenés infraestructura tecnológica como computadoras, como internet de alta velocidad, eso entorpece el trabajo colaborativo.

Principalmente encuentro esos dos, buena definición de los requisitos de la información y soporte tecnológico además de talento humano. Hay una definición de trabajo colaborativo que está en la norma ISO 19650. Te voy a leer lo que dice ahí, porque para mí es la mejor definición de trabajo colaborativo que hay hasta ahorita. Entonces dice:

“El verdadero trabajo colaborativo requiere (1) comprensión, (2) confianza mutua y (3) un nivel más profundo del proceso estandarizado que el que se ha experimentado. Si la información se va a producir y poner a disposición de manera consistente y oportuna, los requisitos de esta deben pasar a lo largo de las cadenas de suministro hasta el punto donde la información se pueda producir de manera eficiente, además la información se debe recopilar a conforme se pasa. (Y este es el *punch line*) En la actualidad, se gastan recursos considerables para hacer correcciones a la información no estructurada o por el manejo incorrecto de la información por parte de personal no capacitado, derivados de esfuerzos no coordinados de los equipos de diseño y para resolver problemas relacionados con la reutilización y la reproducción de la información. Estos retrasos pueden reducirse si se adoptan los conceptos y principios de este documento.”

Entonces básicamente es eso, entendimiento del proceso, alta estandarización y estructura de datos...es un poco abstracto jaja pero eso es realmente trabajo colaborativo. Eso está en la norma que te mencione, lo podés leer...está en la introducción, es súper tuanis.

- **Estudiante:**

Ok la tercera pregunta sería ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para la programación de obra(4D) y por qué?

- **Ing. Leonardo:**

En mi experiencia yo no hago eso, osea yo he visto gente que lo hace...he visto cómo usan VICO en Bilco seguramente Romero te dijo algo de eso. Yo creo que la mejor herramienta es Synchro, pero nunca lo he usado, he ido a demostraciones, pero me parece que es esa...para simulación 4D.

Pero no es de mi experiencia entonces hasta ahí puedo contestar la pregunta, yo no hago simulaciones. Si me preguntas por Navisworks no es tan práctico, por una simple y sencilla razón: el Navisworks no es bidireccional con Project.

Es decir, si vos metes un cronograma de Project en Navisworks y lo modificas ahí...tenés que modificar el Project a mano. Entonces chao, no sirve esa herramienta. Synchro si, Synchro vos conecta Project, Primavera lo que quieras con Synchro y si modificas el cronograma de Synchro, tenés el cronograma de Project actualizado. Eso es ser bidireccional y es la mejor herramienta. Y es un detalle que no lo dice la página de Autodesk jajaja.

- **Estudiante:**

La cuarta será: ¿En base a su experiencia qué herramientas BIM recomienda utilizar para el control de costos(5D) en un proyecto y por qué?

- **Ing. Leonardo:**

De coordinación 3D para arriba, no importa si es Synchro o VICO que son las dos más comunes y potentes, que son especiales para la 4D, 5D. Las dos hacen exactamente lo mismo, particularmente me interesa más Synchro. Pero básicamente ya por vos tener el cronograma hecho y simulado en 4D es cuestión de ponerle precio a las cosas jaja y ya las cantidades están entonces...Synchro o VICO cualquiera de los dos es igualmente bueno en eso, los dos hacen prácticamente lo mismo, cumplen el mismo tipo de función.

- **Estudiante:**

De acuerdo y en base a su experiencia ¿qué herramientas o plataformas recomienda para permitir un modelo de coordinación de especialidades, el cual permita generar un verdadero trabajo colaborativo entre los profesionales involucrados?

- **Ing. Leonardo:**

De mi experiencia te voy a decir, lo que yo uso todo el día es Navisworks y para hacer coordinación 3D, siento que es lo mejor. Hay gente que le gusta usar Solibri, en especial a los que llevaron la maestría Zigurat...les encanta Solibri.

Pero vos los verás, tratando de convencer a todos los equipos de que manden un IFC jeje y di mae, no. Hay que encontrar el balance entre lo que es integración y lo que son funcionalidades porque si Solibri es muy tuanis, pero para trabajar acá no...los flujos de trabajo acá no contemplan el IFC como un entregable y la mayoría de gente tampoco.

Hablando digamos en términos de buen BIM, sí debería ser IFC. Porque es un formato de código libre, el IFC nace de la gente de, creo que fue Trimble que es la gente de Tekla...porque di Autodesk se estaba llevando todo el mercado, básicamente con el formato NWC de Navisworks, no había otra forma si no era NWC. Entonces obviamente era necesario que hubiese un archivo que no necesariamente fuese generado en un software Autodesk y esa es la ventaja real del IFC.

En proyectos realmente grandes, proyectos globales, el IFC es estándar, es estándar porque aquí se usa mucho Revit pero en Estados Unidos tal vez se usa Tekla, en el Reino Unido también mucho Tekla, se usa ArchiCAD, se usa AECOsim y ninguno de esos programas se conecta con Navisworks directamente, bueno si se conectan, pero uno no le puede exigir a empresas de todo el mundo que comprendan Revit si ellos tienen un flujo de trabajo que puede producir un modelo IFC que tiene los mismo datos, la misma geometría...no hay forma.

IFC es el formato de colaboración del futuro...pero acá, lo mejor es Navisworks, NWC, porque todas las empresas lo tienen. Entonces es muy fácil, es más fácil que hacer un IFC. Pero digamos la respuesta de contexto es esa.

- **Estudiante:**

Pero digamos como una plataforma de colaboración, algo como BIM360 este tipo de plataformas.

- **Ing. Leonardo:**

Si yo recomiendo BIM360, están haciendo lo mismo lo que hicieron con NWC jajaja y todo mundo con tal de estar en la nube, ahora está con BIM360. Porque realmente el tema que te decía de mandar un modelo de un 1Gb no es necesario. Porque tal vez ese modelo de 1Gb solo corrigieron un nivel de 57 y no tenés que mandar todo el modelo...podes conectarte a la nube y que sincronice solamente los cambios.

Eso es full colaboración, digamos en tiempo real. Bueno no es tiempo real, pero es un desfase muy pequeño en lo que alguien pone un elemento yo lo veo acá.

- **Estudiante:**

Y además de BIM360 ¿algún otro que permita esa proyección?

- **Ing. Leonardo:**

A ese nivel no, digamos hay un montón: BimTrack, BimCollab, Revizto. Hay varios softwares que se dedican a integrar modelos y generar una comunicación en torno a ellos, muy similar a como vos como comentas una foto en Facebook y abajo alguien pone otra cosa y abajo alguien pone otra cosa, eso mismo, pero entorno a un modelo.

Que es la gran pega de todos estos programas, que no se conectan directamente con el software de diseño. Tal vez Revizto si y Bim Track en la versión Premium.

Pero el nivel de integración que tiene BIM360 es que digamos vos estás modelando y sincronizas y ya chao. Osea no tenes que exportar a un IFC y subirlo...ni hay una conversión que dura 25 minutos, como sí pasa con los demás softwares. Entonces ahí otra

vez los maes están ganando terreno, porque di mae para mi es más fácil eso...sincronizarme con un modelo que está en vivo.

Los demás de BimTrack y eso es discreto...una vez por semana se publica el modelo, igual Revizto, todo eso. En cambio, con 360 tengo la misma función, pero recibo cambios en tiempo real, eso es lo bueno. Yo no tengo que bajar el modelo todos los viernes y enlazarlo los lunes. Yo lo hago una vez y el tema de intercambio de información que es clave verdad jaja lo he dicho como siete veces, di mae se hace bastante fácil.

Yo solo envié modelos en un 30%, 60%, 90% a una plataforma, así como Revizto, u otras de esas que no son en tiempo real. Igual tengo la comunicación alrededor de un modelo, pero tengo que todos los viernes subiré un modelo a Dropbox como me acaban de venir a pedir y es una pega, ósea es innecesario si hay una herramienta que uno nada mas modela y ya.

- **Estudiante:**

De acuerdo. ¿Qué beneficios a percibido al implementar BIM en los proyectos, considera que estos son monetariamente superiores respecto a la inversión?

- **Ing. Leonardo:**

Emmm sí, eso es un tema fuerte, y di obviamente al principio no hay muchos frutos como todo negocio...osea vos pones un restaurante y si lo pones en avenida Escazú gastas \$300000 y prácticamente perdiste plata 2 años y ganaste algo de plata, pero eso está contemplado en un plan de negocios. En un plan de negocios usted sabe que no se va a recuperar la inversión hasta una cantidad equis de meses. El problema con el BIM es que...a si yo le pagué a un consultor y al otro mes, tengo que ahorrar plata y eso no es así jaja. Es igual que un negocio nuevo, vos implementar BIM y puedes durar dos años hasta que vos veas un beneficio, y tiene que verse de esa forma.

Y si, si es rentable si me preguntas a mí, pero no es así como inmediato el retorno de la inversión. Requiere muchísimo brete de implementación y una implementación estructurada. No es llegar y decir: voy a mandar a todo el mundo a un curso de Revit. Con eso quedamos en las mismas; es fundamentos, es conceptos y planes de ejecución, ósea es un proceso grande.

No es que cada uno sepa Revit porque igual pueden hacer modelos que no sirven para nada. Porque carecen de las bases teóricas. Entonces creo que ese sería el tema de la inversión.

- **Estudiante:**

Emmm ¿Cuáles son los retos más frecuentes e importantes de superar a la hora de implementar BIM en una organización?

- **Ing. Leonardo:**

Aversión al cambio, básicamente. Es cuestión de actitud y ya hablamos del apoyo gerencial, que eso está debajo de la sombrilla de aversión al cambio. Y el reto grande acá, en este país por lo menos, es que ahorita no hay un consultor serio en materia BIM, no hay normativas y prácticamente la gente que hace BIM, trae gente de afuera para que le

enseñen o es a prueba y error. Eso para mi es el mayor reto de implementación, aquí en este país.

No hay realmente un apoyo del gobierno como lo hay en el Reino Unido donde hay guías que son elaboradas por el gobierno. Hay varios grupos acá que tratan de hacer ese esfuerzo por la necesidad del sector, pero mae es muy fácil, son grupos de empresarios, son grupos de BIM managers, son grupos de gente que tienen un trabajo y que no pueden dedicarse a hacer normativas...eso no es algo que aparece así...eso no aparece en un fin de semana. Para eso se necesita un comité que tiene que estar *full time* haciendo normativas como lo hay en países que de verdad se toman el BIM en serio. No es suficiente con hacer un BIM Forum y que esté integrado por pura gente que si, anda buscando plata todo el día y que no tiene tiempo de redactar nada.

- **Estudiante:**

La octava es si: ¿Se ha convertido BIM en una ventaja para su empresa en el mercado, atrayendo clientes y dejando mayor rentabilidad en las operaciones?

- **Ing. Leonardo:**

Bueno yo llevo seis meses acá, y esa es la idea jajaja luego te cuento, todavía no te puedo decir. Si por lo que he hablado con otra gente, en este momento Circuito está haciendo un muy buen BIM. Conozco digamos la competencia y estamos muy bien, es un plus. No necesariamente va a ser el factor que nos consiga un cliente, pero es un plus, un muy buen plus.

Y a nivel interno se perciben ciertas mejoras a nivel de tiempos y de costos.

- **Estudiante:**

La nueve sería: ¿Qué porcentaje de los proyectos son desarrollados bajo un contexto global de BIM?

- **Ing. Leonardo:**

Mae actualmente en un 70% de los proyectos se hace BIM. Aquí es muy fácil si el cliente lo pide se hace, si no se hace en CAD jaja. Pero estamos como en un punto de inflexión, donde queremos llegar al punto donde para nosotros sea más rápido hacerlo en Revit, pero se trata de 80 personas. Y siento que lo vamos a lograr, ósea vamos a llegar al punto donde independientemente de lo que el cliente haya dicho, el proyecto va en Revit, porque para nosotros es más rápido, más barato, más fácil.

Ahorita ha habido una curva de aprendizaje fuerte y cuando yo entré aquí había una aversión grande. Ahora ya no jaja, por lo menos no hay aversión, ya a la gente no le da tanta pereza hacerlo en Revit. Todavía no le hemos dado la vuelta a la tortilla en que uno diga...prefiero hacerlo en Revit que en CAD. Pero siento que vamos para allá.

- **Estudiante:**

Muy bien gracias la última sería si: ¿Ve una ventaja de esta metodología para empresas pequeñas y medianas, o considera que solo las grandes pueden sacar verdadero provecho de esta?

- **Ing. Leonardo:**

Yo si veo ventaja...todo el mundo debería hacer BIM. Yo cuando haga mi casa la voy a hacer con BIM jajaja. Es que es economía a escala, no te vas a ahorrar un millón de dólares haciendo un edificio pequeño, pero te vas a ahorrar algo...alguna bronca te vas a ahorrar.

La gente me dice: pero ¿cuánto me ahorro?, ¿cuál es el retorno de la inversión? Y di mae no sé, porque yo no conozco lo que no ha pasado, no sé cuáles son los errores que me voy a encontrar en ese diseño en campo, ni cuanto me van a costar. Eso es un tema de recolección de datos. Los contratistas tal vez manejan un número así, pero yo no lo manejo. Si siento que hay un beneficio importante, precisión y demás cosas...todo lo que dice el brochure de Autodesk. Y todo eso depende de que alguien serio lo aplique, porque no se vale leerse el brochure de Autodesk, e ir a decirle eso a alguien y no saber cómo hacerlo jajaja. Entonces di el beneficio obviamente estará y es proporcional al tamaño del proyecto verdad como todo.

# Plan de acción para implementar BIM

**Constructora Costarricense S.A**

**Fundada en diciembre 1977**

**Elaborado por**

César Gabriel Rodríguez Bonilla

**Fecha**

Junio de 2019



## Índice

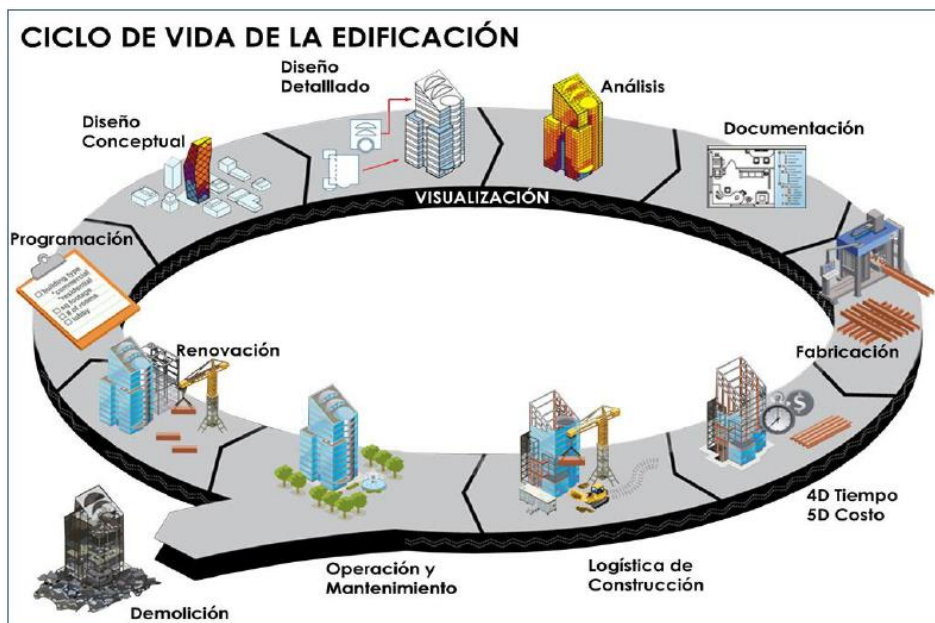
1.	Argumentos de implementación BIM.....	1
2.	Problemas a enfrentar.....	3
3.	Objetivos de COCOSA en la implementación de BIM.....	5
4.	Factores relevantes para la implementación de BIM.....	6
5.	Metodología base para establecer planes de acción en la implementación de metodología BIM para empresas constructoras costarricenses.....	7
6.	Usos de la metodología BIM que se desean incluir a los procesos de COCOSA.....	9
7.	Gradualidad y tiempo de implementación .....	10
8.	Nuevo diagrama de procesos del departamento de construcción.....	13
9.	Alcance y requisitos de la información en las diferentes etapas del modelo.....	15
10.	Recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo.....	18
	10.1. Herramientas BIM a utilizar.....	18
	10.2. Solución al hardware requerido por las herramientas.....	25
	10.3. Equipo de liderazgo BIM.....	25
11.	Presupuesto de implementación.....	27
12.	Secuencia de acciones.....	28
13.	Fuentes consultadas.....	29



# 1. Argumentos de implementación BIM

La industria de la construcción se ha caracterizado por presentar un alto nivel de incertidumbre en el tiempo y costo de sus actividades. Sin embargo, la forma de construir en el mundo está cambiando, y BIM se ha convertido en el agente principal de este proceso.

BIM es una metodología de trabajo, cuyas siglas traducidas al español significan: “Modelado de la Información de Edificios”. La tecnología ha permitido que se representen las edificaciones en modelos 3D, que facilitan la visualización y comprensión del proyecto, para el cliente. BIM propone que ese modelo 3D, ahora sea el centro de trabajo de las disciplinas. Al generar un ambiente centralizado de información; el cual permite a los diferentes actores colocar la información que les corresponde y proponer un modelo útil para los involucrados. Al abarcar en su totalidad la vida de la obra, desde su programación y diseño conceptual, hasta su operación y mantenimiento.



**Figura 1:** Ciclo de Vida de un Proyecto

Fuente: BIM Forum Chile (2017).

La metodología BIM no es nueva, sus aportes al sector son tantos que han ganado un lugar inclusive a nivel político, pues en el Reino Unido, el uso de BIM es una realidad y un requerimiento en la licitación pública. De acuerdo con la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), en Costa Rica el 70% de las empresas del sector privado han utilizado BIM.

El conversatorio organizado por casa presidencial, el pasado 14 de febrero; reunió a un gran grupo de profesionales en el área. Para tratar el tema: “Implementación del BIM en la construcción pública: El caso chileno”. La intención del conversatorio era dejar clara la dirección que desea tomar el gobierno, respecto a la forma en que se construye. Pues se pretende una reactivación de la economía del país, a través de la construcción. Y para lograr esto, es necesario mejorar la forma en la que se construye. ¿Pero cómo construimos mejor? Muchas filosofías como el Lean Construction y el IPD (Integrated Project Delivery), han tratado de generar un cambio, y han obtenido buenos resultados. Pero no han logrado elevar la reputación del sector.

En Costa Rica y en el mundo, el sector construcción presenta un gran atraso respecto a otras industrias en varios temas, como en la adopción de nuevas tecnologías. Pero es un tema complicado mencionar otras industrias, cuando la construcción es cambiante e impredecible. Esta es la mayor desventaja del sector, cada vez que la construcción desea colocar un producto, debe generar, manipular, procesar y documentar información; la cual cambia en cada proyecto.

Es por esto, que el Estado encuentra en BIM la alternativa justa para que el sector construya de manera óptima. Además, permite una mayor transparencia en las compras públicas, menor incertidumbre y mayor trazabilidad de los fondos del Estado.

Se aprecia por los puntos discutidos, que BIM es una realidad en Costa Rica, dentro del sector privado y lo será pronto en el sector público. Por lo que su adopción está pronta a dejar de ser una opción para las empresas costarricenses. Es por lo que COCOSA toma una decisión oportuna al implementar BIM, pues a pesar de las carencias que existen en el país alcanzar un nivel adecuado de BIM es posible. Esto se logra con una estrategia adecuada y, de la mano de un equipo comprometido; pues BIM a diferencia de las creencias populares depende más de la organización y de los procesos, que de la tecnología.

Además, COCOSA como constructora posee un papel relevante. Ya que los inversionistas, presentan la posibilidad de transferir el riesgo asociado de la ejecución al contratista, y es este quien asume la responsabilidad de ejecutar el proyecto, con recursos limitados y sujeto a la aplicación de multas por incumplimiento de los términos del contrato. Una de las formas de reducir ese riesgo, es con subcontratos; pero la forma directa de reducir el riesgo económico, y brindarles a los clientes la seguridad que demandan, es invertir tiempo y recursos en la fase de planeamiento, así como en un

mejor control de la información. Las disciplinas involucradas le han encontrado beneficios al BIM, por lo que este se considera la meta de algunas organizaciones.

## 2. Problemas a enfrentar

Al tratarse de una tecnología reciente para el país, aún existe carencia de información, que impide a los contratistas utilizar al máximo los beneficios del BIM. Implementarlo es una tarea compleja y la intención principal debe venir de las altas esferas de la empresa. Si la gerencia no está involucrada es difícil que el cambio se establezca. Pues son estos los únicos con la capacidad de mover a la organización al cambio, y de poner a disposición, el capital para realizar la inversión económica que se requiere, para utilizar BIM. Se necesita de un estudio previo y de una estrategia adecuada, para cada organización, así como compromiso de los involucrados, para que se dé una implementación óptima.

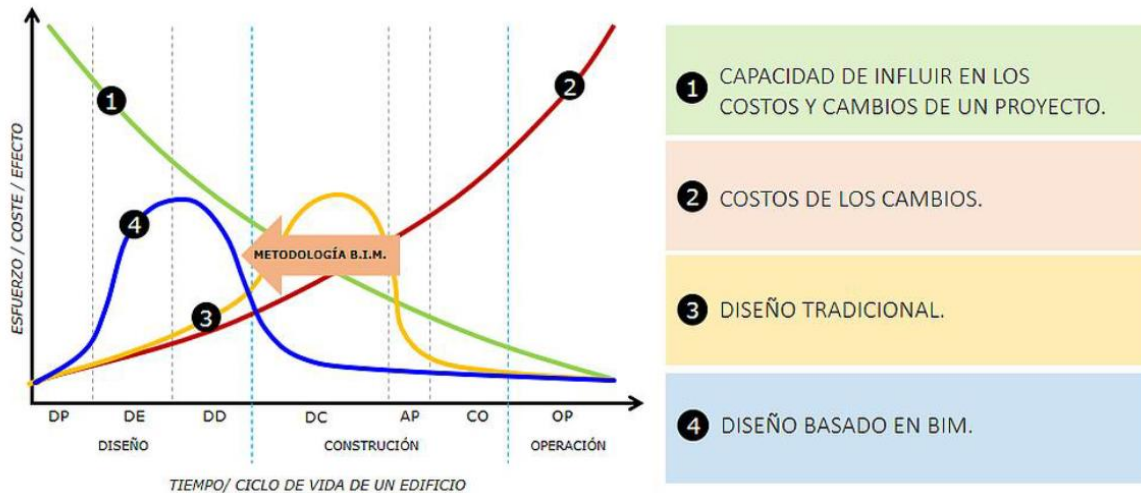
Los puntos hasta ahora mencionados son importantes, pero son solo los cimientos para enfrentar el problema mayor, que es la resistencia al cambio por parte de los colaboradores y la curva de aprendizaje que esto genera. El apoyo de gerencia, el compromiso de los involucrados y el recurso económico; son solo piezas fundamentales para hacerle cara a la curva de aprendizaje que BIM representa para una organización. Entre más se reduzca esta curva de aprendizaje, más llevadero y exitoso será el proceso de implementación.

Resulta difícil medir el impacto de la adopción del BIM en el sector construcción, debido a la ausencia de estándares, y de un modelo de niveles de adopción como el que se utiliza en el Reino Unido. En Costa Rica la adopción del BIM se aprecia principalmente en las ramas del diseño y la arquitectura.

Los arquitectos utilizan las herramientas, como: Autodesk Revit, y ArchiCAD para generar modelos, a partir de los cuales extraen los planos de construcción. Otras ramas de diseño han utilizado las herramientas BIM, pero el flujo de trabajo no es colaborativo y la información de cada modelo es transmitida parcialmente y de manera lineal, es decir, una vez que una disciplina realiza el diseño, el modelo no se vuelve a utilizar. Y la situación se agrava conforme el proyecto avanza bajo ese esquema de trabajo, pues los diseñadores de diversas disciplinas entregan un juego de planos al cliente, reciben su paga y, luego estos planos son entregados a los participantes del cartel.

Lo cual genera que la mayoría de los beneficios de utilizar BIM se queden en las oficinas de diseño, pues no se integran de especialidades, y al constructor le termina llegando la misma información

que con un proceso tradicional indica que de esa forma no hay mayor ganancia, pues en la etapa de construcción es donde cada cambio genera mayor impacto económico, como muestra el siguiente gráfico.



**Figura 2:** Gráfico del impacto de las acciones tomadas en la vida del proyecto

Fuente: BIM Forum Chile, 2017.

Se enfatiza en el establecimiento de esquemas de trabajo colaborativos que permitan un desarrollo paralelo entre disciplinas. Otros involucrados como los contratistas, le dan al BIM usos fuera de las oficinas de diseño, como la elaboración de presupuestos, detección de interferencias y en menor medida, la simulación de la construcción. A pesar de estos avances, cada empresa es la única responsable de llevar a cabo su propia investigación e implementación, muchas veces al recurrir a la contratación de consultores externos para llevar a cabo estas tareas.

Existe la necesidad de generar documentación de carácter público, que defina estándares para que las empresas adopten estas prácticas y así el sector construcción pueda avanzar hacia una mayor eficiencia. Es por esto, que el presente plan brinda formación técnica sobre cómo debe ser la implementación y aplicación del BIM, en los diferentes procesos que realiza COCOSA.

## 3. Objetivos de COCOSA en la implementación de BIM

### Objetivos a corto plazo (año y medio)

- Contar con un equipo BIM capacitado para trabajar y solucionar temas BIM.
- Establecer un grupo de contactos de confianza que permitan realizar proyectos BIM de forma correcta.
- Corregir las deficiencias internas actuales que dificultan la implementación de BIM.

### Objetivos a largo plazo (cuatro años)

- Desarrollar la capacidad para dirigir y participar de procesos licitatorios basados en la metodología BIM.
- Duplicar la participación de COCOSA como parte del equipo consultor en proyectos constructivos.
- Estar preparados para el momento en que BIM se convierta en la metodología estándar para desarrollar proyectos constructivos en Costa Rica.

## 4. Factores relevantes para la implementación de BIM

Es de importancia mencionar qué factores están siendo considerados, para generar este plan de acción, pues estos definen en gran medida el alcance del producto que se espera. Por lo que se procede a presentar un listado de los factores contemplados. Se destaca que son extraídos de la tesis: “Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria”. (Valle, 2014).

1. La existencia de una guía con toda la información necesaria sobre la implementación.
2. Existencia de un enfoque de colaboración entre los distintos participantes que usan BIM para el desarrollo de los proyectos.
3. Apoyo a la implementación tanto de los cargos gerenciales como de los cargos operacionales.
4. Claridad de cómo realizará el intercambio de información, luego de implementar BIM.
5. Capacidad de la empresa para modificar los procesos de trabajo existentes actualmente, para que se adecuen a la metodología BIM.
6. Capacidad de los equipos de trabajo con base en los conceptos BIM.
7. Claridad de las responsabilidades y roles de cada uno de los actores.
8. Existencia de un área técnica que entregue las herramientas para apoyar la implementación.
9. Existencia de un equipo estratégico que guíe la implementación.
10. Comunicación de los cambios que se desean realizar para el conocimiento de los involucrados.
11. Existencia de objetivos claros para la implementación.
12. Existencia de un programa detallado con las actividades y pasos individuales con las que se llevará a cabo la implementación.

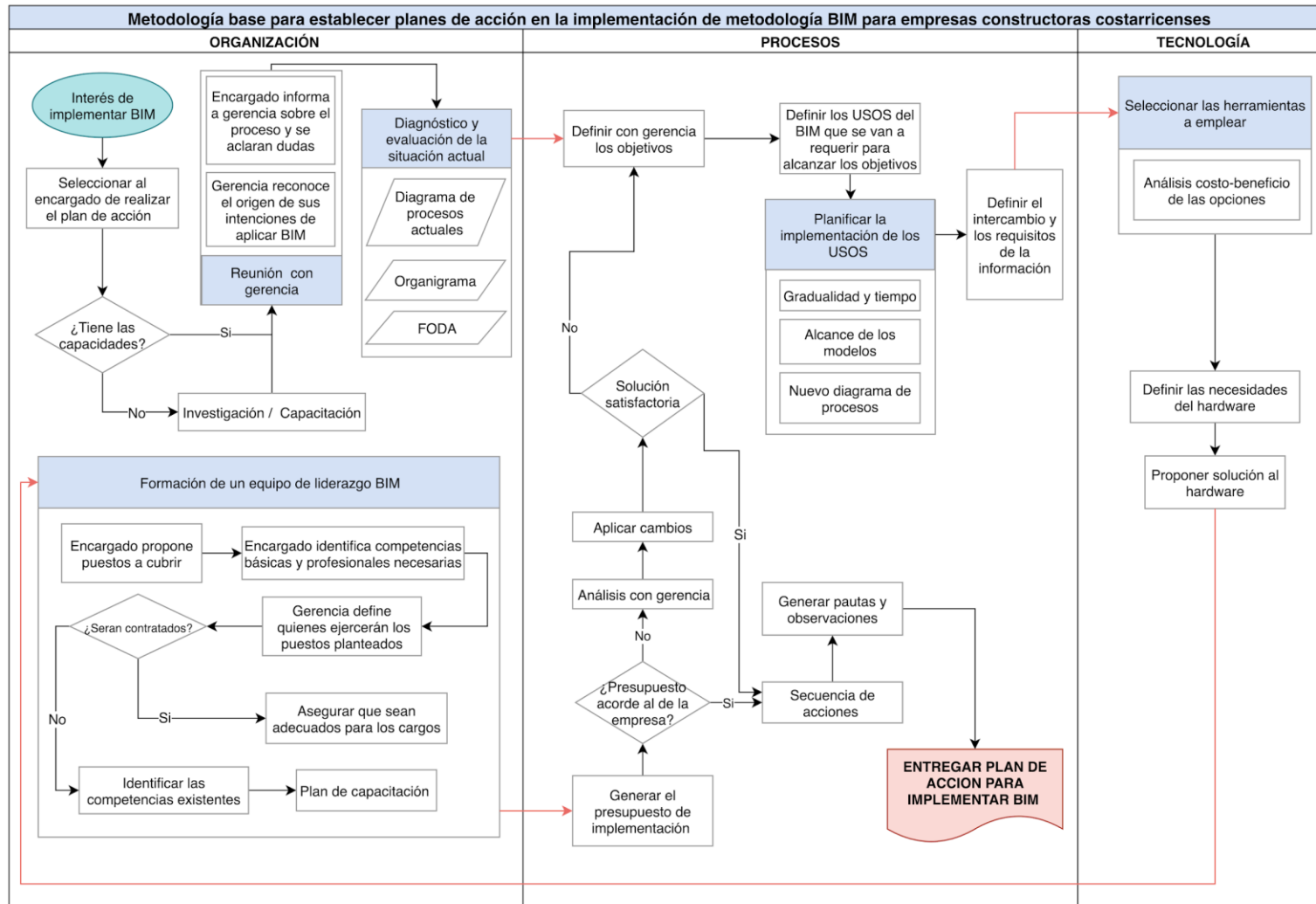
## 5. Metodología base para establecer planes de acción en la implementación de metodología BIM para empresas constructoras costarricenses

Utilizando el trabajo desarrollado por el ingeniero chileno, Rodrigo Valle Eguren, en el 2014:

“Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria”, se genera el siguiente diagrama que describe la metodología, que debe seguir una empresa constructora costarricense para generar una estrategia de implementación BIM.

Se realizaron cambios en función de un análisis crítico, de los resultados de Eguren. Como una adopción a la situación de Costa Rica. De los puntos que caben destacar de este diagrama, es el seccionamiento de la metodología en los criterios de: la organización, los procesos y la tecnología.

Esto permite observar que el factor tecnología, no es el de mayor peso. Pues como ya se ha dicho, el éxito de BIM radica en un fuerte trabajo como organización. Dicho trabajo se logra al realizar los esfuerzos necesarios para el cambio, y contemplando los procesos que agregan valor y trabajando en ellos; a través de las herramientas tecnológicas. Las cuales tendrán poco peso, si lo anterior no se efectúa correctamente.



**Figura 3.** Diagrama con la metodología base para implementar BIM en las empresas constructoras costarricenses

Fuente: Elaboración propia, con herramienta de diagramación en línea [www.draw.io](http://www.draw.io).



## 6. Usos de la metodología BIM que se desean incluir a los procesos de COCOSA

- Manipular modelos elaborados por otros, con el fin de extraer la información necesaria para revisar presupuestos, presentar licitaciones constructivas, dar servicio post-venta o utilizarlos en la etapa de construcción, tanto en campo como en oficina.
- Desarrollar modelos 3D para verificar que la información brindada en planos funciona para construir. Al realizar la coordinación de especialidades, y evitar inconvenientes en campo.
- Cuando exista el tiempo suficiente, de cara a la entrega de una oferta de licitación por construcción, desarrollar modelos 3D para presentar una oferta completa y exacta, al demostrar que COCOSA comprende de forma adecuada el alcance del proyecto.
- Desarrollar modelos 4D para presentar ofertas completas y de fácil interpretación para el cliente, en caso de que el tiempo lo permita. Además, que faciliten la visualización del avance que se debe presentar en campo, en un momento determinado de la ejecución.
- Ejercer el papel de coordinador en consultorías de licitación BIM. Al propiciar un medio de comunicación para los involucrados y coordinando las especialidades.
- Gestionar los documentos y el control de costos de la construcción de la mano de BIM.

## 7. Gradualidad y tiempo de implementación

El tema de la gradualidad y tiempo de implementación se refieren a dos conceptos básicos para definir el nuevo diagrama de procesos. El primero se refiere a la posibilidad de que los nuevos procesos reemplacen a los antiguos de forma total o que los complementen, es decir, el grado de incidencia que tendrán sobre los procesos antiguos.

Por otro lado, el tema de tiempo se basa en el orden en que se implementa los nuevos procesos; por ejemplo, si se implementan todos de a la vez o si se prefiere trabajar con un proceso y cuando se posea un control adecuado sobre este, pasar al siguiente. Ahora bien, la investigación realizada a nivel nacional sobre el BIM, permite identificar agentes que dificultan una implementación completa. Lo anterior genera un impacto de importancia en el resultado de esta sección, es por esto se explican qué ideas fueron adoptadas a la hora de realizar el nuevo diagrama de procesos.

### **Tiempo:**

Al menos para el caso de COCOSA no es práctico decir que se va a tomar solo un proceso y cuando se tenga control de este pasar al siguiente. Principalmente, porque no en todos los proyectos y procesos se usa BIM de forma definitiva por el momento. Así que el factor tiempo depende de la demanda de trabajos BIM, que ingresen a la empresa.

Algunos procesos serán adoptados con mayor facilidad y otros conllevarán más tiempo. Pero se trabajará únicamente en aquellos que presenten demanda, ya que, si se propone el priorizar un proceso sobre otro, la implementación y el aprendizaje se darán de forma lenta y no se verán beneficios en periodos amplios, al complicar la posibilidad de alcanzar los objetivos planteados.

### **Gradualidad:**

COCOSA en el departamento de construcción realiza varios procesos generales. Para definir el grado de incidencia sobre estos se debe analizar cada uno por aparte. No obstante, se aclara que la gran limitación al definir un nuevo proceso es el hecho de recibir productos deficientes, por parte de los otros colaboradores. Costa Rica no cuenta con guías que definan qué información debe contener un modelo, o qué formatos utilizar; no existe estandarización al respecto. Es por esto que tomar la decisión de eliminar un proceso y suplantarlo por uno BIM, no es una opción. El único proceso general donde se impone de forma clara el BIM, es cuando se aplica una licitación por consultoría; pues es donde COCOSA justamente posee el control sobre los requisitos de la información. Al

garantizar que el modelo tenga el alcance necesario para los procesos ligados a este y satisfacer la expectativa del cliente, como se observa a continuación.

- **Licitación por consultoría:**

Como se menciona en el texto introductorio este es el único caso donde el proceso original, se modifica de manera que BIM se ejecute constantemente. Al ser esta la primera etapa de un proyecto facilita el buen trato de la información del modelo.

Participar de esta fase es beneficioso para COCOSA, de ahí el objetivo de duplicar la participación a largo plazo en esta labor. Pues al ejercer esta actividad COCOSA se encargaría de coordinar a los involucrados en el diseño del proyecto, al gestionar y controlar los requisitos de la información. Brindándole al cliente un proyecto eficiente que será ejecutado con información realmente útil, al reducir los contratiempos en campo.

- **Ejecución de obras:**

El tema de ejecución se ve afectado por la información generada en etapas previas. En términos de buen BIM la empresa constructora debería de contar con un modelo para ejercer su labor y utilizarlo de acuerdo a sus necesidades. Este modelo no debería ser generado por la empresa constructora en esta etapa, y, tampoco en la etapa de la oferta; pues el modelo debería venir directamente del equipo de diseño. Pero esto en el contexto actual del país no sucede, por lo que se debe incurrir a realizarlo de manera propia, al dejar su elaboración sujeta al tiempo que exista para iniciar las obras y al tipo de proyecto.

A pesar de realizar un modelo únicamente para uso propio, este es el segundo caso que trae beneficios a COCOSA, ya que desarrollar un modelo previo a la construcción permite el ahorro de inconvenientes en campo, y agiliza la construcción, pues cualquier carencia de información que exista será contemplada previamente. En conclusión, para la ejecución de obras se plantea el uso de BIM con el fin de complementar las funciones que se realizan actualmente, ya que no es realista proponer que las ejecuciones serán con BIM.

- **Servicio Post-venta:**

Este servicio se basa en solventar o dar mantenimiento a las estructuras que fueron desarrolladas por COCOSA. Si dicho proyecto fue desarrollado al utilizar BIM se podría proponer para dar este servicio. Un ejemplo de esto sería la existencia de un daño en una tubería que causa afectaciones de humedad en una pared, pero no es fácil observar la localización del problema.

Si el modelo existe se determina la zona de la tubería que podría estar afectada, al producir el inconveniente en cuestión. Si el modelo es representativo se compran los materiales necesarios y se realiza la reparación de forma rápida y directa. Sin embargo, si no existe un modelo no se aplica, por lo que está ligado directamente no solo al hecho de que exista el modelo, si no que contenga la información para las etapas de mantenimiento. Es por estas razones que pensar en sustituir el proceso anterior no es viable.

- **Licitación por construcción:**

La licitación por construcción es justamente el caso complicado, pues a diferencia de la ejecución si aquí se realiza un modelo propio no existe garantía de que este esfuerzo tenga un beneficio asociado.

La idea de BIM gira entorno al trabajo colaborativo. Lo cual se basa en generar información y pasarla, de manera que esa información sea útil y se genere una sola vez. Cualquier elemento que esté fuera de eso, no es auténticamente BIM. Como se mencionó, esto se cumple en el caso de licitación por consultoría donde COCOSA forma parte del equipo de dirección técnica del proyecto. Pero en una licitación por construcción se requiere de un producto (modelo) previo. Por estas razones los procesos actuales no son sustituidos a menos que se facilite esa información.

Sin embargo, es beneficioso para COCOSA contar con un modelo, con el cual se realizan cuantificaciones precisas, brindar un 4D al cliente y tener claro el alcance del proyecto. Además, de que en caso de ganar la licitación, ya tendría adelantada una herramienta útil. No obstante, todo ese trabajo sería un extra a la oferta, por lo que queda igualmente sujeto al tiempo que exista para presentar la oferta, así como a las dimensiones del proyecto. Es por estas razones que BIM solo vendría a complementar las licitaciones de construcción, en caso de que sea viable para el proyecto, de lo contrario, se usarán los procesos convencionales.

- **Revisión de presupuestos:**

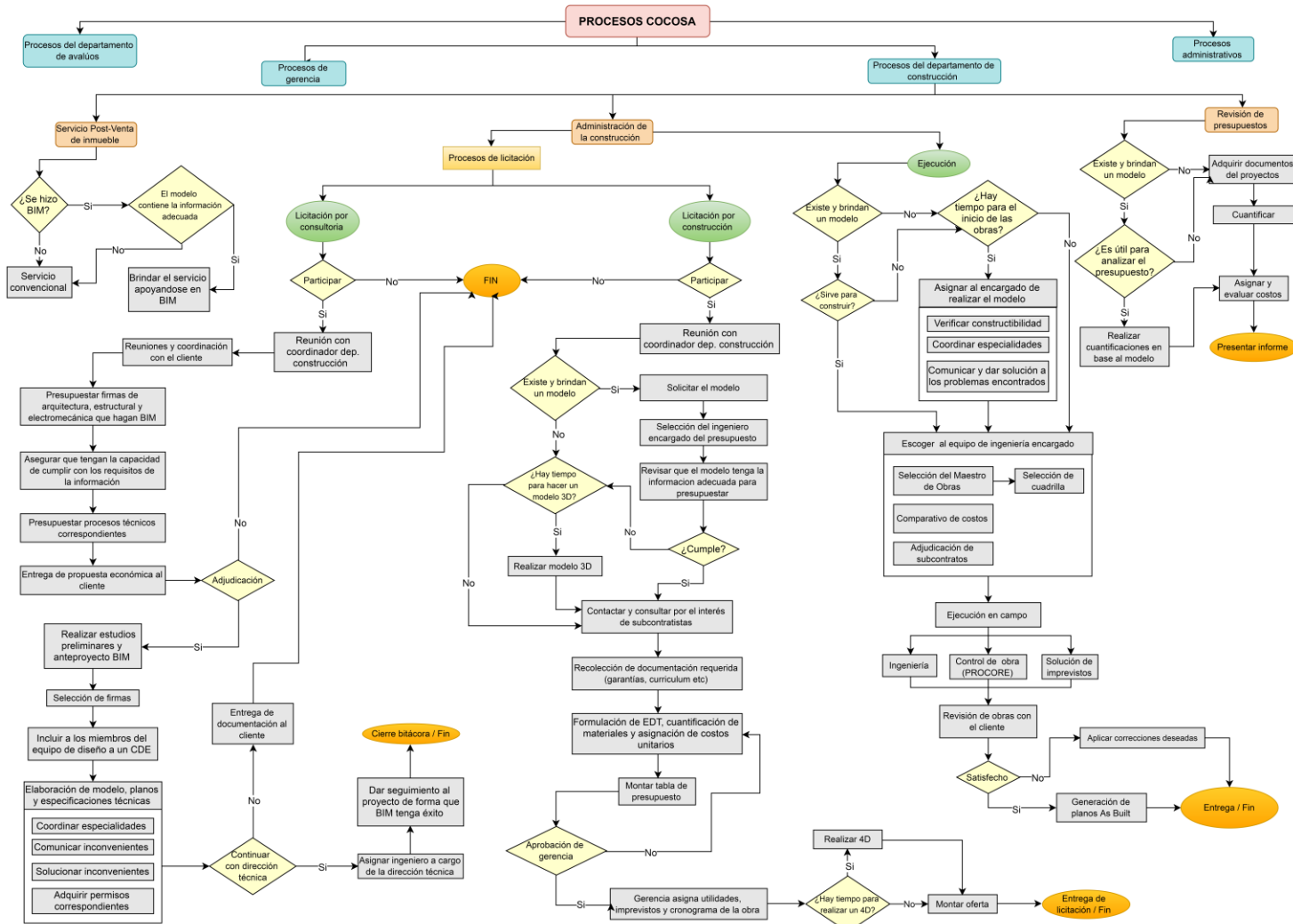
La revisión de presupuestos depende de que se facilite un modelo eficiente, de lo contrario se debe recurrir a la forma tradicional de revisión. Así que, en este caso, BIM vuelve a ser un complemento que se aplica, solo si cumple ciertas condiciones.

## 8. Nuevo diagrama de procesos del departamento de construcción

De acuerdo con el diagnóstico realizado a COCOSA, se propone el siguiente diagrama de procesos. El cual contempla la realidad de la empresa y del BIM en Costa Rica, como la gradualidad y el tiempo de implementación.

Se espera que en cinco años cuando el país cuente con estándares y guías para regular el uso BIM en la construcción, este diagrama sufra cambios, los cuales permitan sustituir definitivamente los procesos convencionales.

La idea es que los colaboradores comprendan el flujo de trabajo que se va a tener y encaminar a que estos procesos se realicen en menos tiempo, con menores inconvenientes y por ende a un menor costo.



**Figura 4.** Diagrama con el nuevo flujo de procesos BIM propuesto para COCOSA  
 Fuente: Elaboración propia, con herramienta de diagramación en línea [www.draw.io](http://www.draw.io).

## 9. Alcance y requisitos de la información en las diferentes etapas del modelo

Definir el alcance de los modelos es un punto relevante en la implementación BIM. Si no se conoce lo que se pretende en cada proyecto, es difícil que se logren procesos de valor. En cuanto al alcance del modelo, lo correcto es definirlo junto al cliente en cada proyecto. Mientras que los requisitos de la información deberían estar regulados en normas nacionales, las cuales estandaricen la forma en la que se trata la información en la construcción, sin embargo, este último no sucede.

En esta sección se indican puntos relevantes, que son tomados en cuenta a la hora de definir el alcance; con el fin de que cada modelo los contemple. Se destaca que el alcance y los requisitos de la información de cada modelo, deben ser establecidos para cada proyecto.

Como no existe una base válida para definirlos, se debe entender de qué trata cada uno. El alcance se liga a los requisitos de la información. Por ejemplo, uno de los alcances del modelo sería que tenga la información de materiales suficiente para generar un presupuesto preliminar, el requisito de la información sería que los materiales presenten una codificación en el sistema de clasificación Master Format, para que el presupuesto se monte con esa codificación.

Los requisitos de la información son parte fundamental del éxito de la implementación de BIM. Como menciona la norma ISO 19650, estos son indispensables para lograr que los diferentes actores consigan el resultado. Pero no es solo llegar al resultado, es llegar con información clara, la cual pasa de por cada miembro sin problemas. Esto se logra al definir qué información debe generarse y en qué condiciones debe existir. La correcta trazabilidad de la información permite identificar y responsabilizar a la persona que no está cumpliendo con los requisitos planteados.

En un proyecto BIM, podría ser que COCOSA sea quien establezca el alcance y los requisitos de la información, pero que deba acoplarse a requisitos planteados por otros. Pues como se ha mencionado no existe regulación al respecto. Es por esto que se recomienda, que en cada proyecto se contemplen los siguientes puntos, para establecer el alcance y los requisitos de la información del modelo. Ya sea para gestionar y controlar la información que otros van a generar, o para tener claro lo que se entrega a los interesados y en qué condiciones se debe realizar.

- 1. Definir el nivel de detalle y grado de información:** Este es el detalle técnico relevante en un modelo BIM. Existen definiciones del alcance de los modelos que se encuentran en la literatura. No obstante, los niveles de detalle (LOD) son los destacados. Van desde un nivel 100 que refleja un diseño básico, hasta un nivel 500, que contempla un nivel de diseño y

detalle profundo. En la Figura 3 se observan los distintos niveles de detalle y el grado de información que contiene cada uno.

Como se aprecia, en cuanto avanza el nivel de detalle del elemento, más información importante contiene. Por ejemplo, en un nivel de detalle 100, únicamente se incluye una descripción general del elemento, sin dimensiones ni especificaciones. Mientras en un nivel de detalle 500, se incluyen parámetros tales como el tipo de silla, sus dimensiones, el proveedor, el modelo, información de su compra, entre otros datos relevantes para el elemento. En un modelo BIM, deberá especificarse y aclararse previamente, qué nivel de detalle y que tipo de información se introducirá en los elementos a modelar.

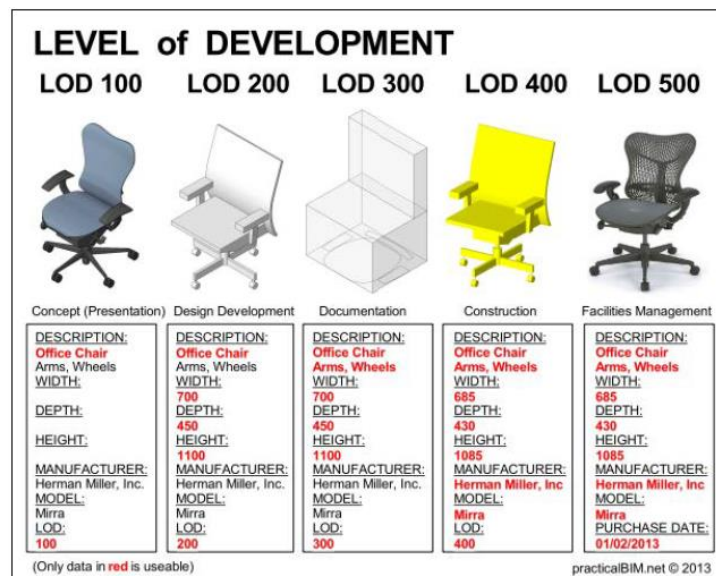


Figura 5: Niveles de detalle de un modelo BIM

Fuente: Chonkan, 2015.

**2. Establecer desde un inicio el software y la versión a utilizar:** Los involucrados de un proyecto pertenecen a diferentes disciplinas, y es común que cada uno tenga herramientas diferentes para ejercer sus actividades. Por esto se define qué herramientas serán utilizadas, y en base a la experiencia delimitar si estos generarán problemas al integrarse. Parte de esto implica definir el formato en el cual se entregarán los modelos. Por ejemplo, utilizar el formato de código libre, como lo es el IFC.

Si alguien desea cambiar de herramienta debe informar y garantizar que dicho cambio no genera inconvenientes. Lo bueno del sector nacional es que la mayoría de las empresas han optado por una casa particular de software, lo cual permite una comunicación entre disciplinas en el formato nativo del software.



3. **Establecer desde el inicio las coordenadas del proyecto:** Esta tarea comúnmente se encuentra en manos del profesional responsable del modelo arquitectónico. Pues es quien gesta el anteproyecto y crea la base conceptual, para que las demás disciplinas ejecuten y complementen su diseño.
4. **Según la fase del proyecto, se debe establecer la precisión que se requiere del modelo BIM:** Por ejemplo, para una etapa de diseño esquemático (anteproyecto), podrán colocarse puertas que no reflejen la dimensión final del elemento, funcionan para representar la forma que tendrán y la ubicación en la propuesta arquitectónica. Sin embargo, en etapas posteriores se indica que los componentes pasen a estar modelados con dimensiones reales y con mayor detallado, al indicar datos de valor para el contratista como modelo de la puerta, proveedor y costo.
5. **La precisión de las dimensiones, de los elementos debe estar asociada con el uso que tendrá el modelo.** Por ejemplo, si el modelo arquitectónico desde la etapa de anteproyecto pretende ser usado para análisis energéticos, las paredes deben estar conectadas entre ellas y contener sus propiedades analíticas, como el material. Sucede lo mismo con las dimensiones de las ventanas, esto porque las dimensiones que no correspondan a las reales interfieren significativamente en una simulación de este tipo.
6. **Definir el entorno colaborativo de los proyectos (CDE - Common Data Environment):** El intercambio de información es un punto relevante para el BIM, este posee un contexto colaborativo. Se debe procurar que el intercambio se efectúe en un entorno seguro, ágil y correctamente estructurado. El CDE funciona como una herramienta informática, que se utiliza para recopilar, gestionar y difundir los datos del modelo, entre los involucrados. Permite ejecutar un proceso auditable, transparente y controlado. Trabajar con un CDE asegura utilizar información generada una sola vez, al evitar el retrabajo y que está a disposición de ser utilizada las veces que sea necesario por los colaboradores del proyecto, facilita el enriquecimiento de forma ordenada a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Es por estas razones que un proyecto debe contar con un CDE definido, ya que facilita la gestión y control de los requisitos de la información a lo largo de todo el proyecto.
7. **Establecer la cadena de suministro:** La cadena de suministro define quién genera cada entregable, el contenido de este, a quién se lo debe entregar, quién lo debe revisar, fechas límites y formato en el que se entrega. Es el paso final después de analizar los seis pasos previos. Y el CDE es la herramienta que permite visualizar y tener control de esta cadena de suministro.

## 10. Recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo

### 10.1 Herramientas BIM a utilizar

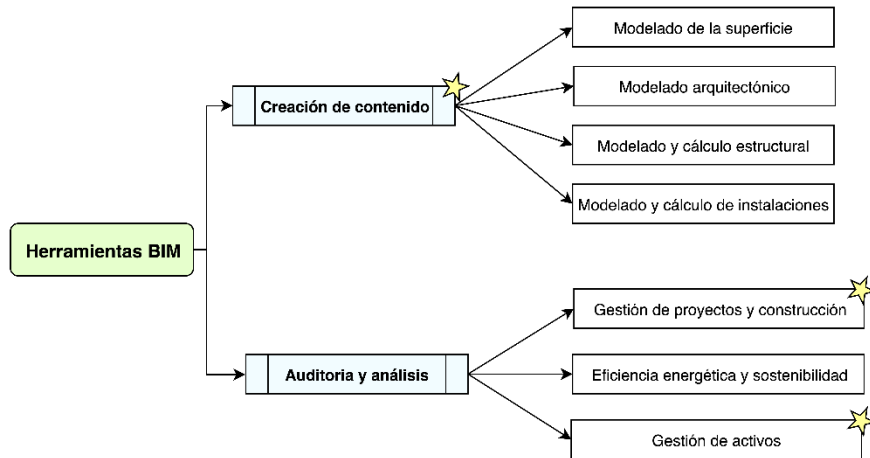
Existe una creencia errónea en el medio de que las herramientas BIM o softwares son las que llevan el mayor peso, pero ya se ha dicho y mostrado en este documento que eso no es verídico. Lo que sí es cierto, es que se necesita de profesionales capacitados para: desarrollar, interpretar, revisar y extraer la información de un modelo. Pero una herramienta, no será la causante de que no funcione una implementación BIM. Por lo cual se pueden cambiar sin mayor dificultad, aunque sí con algunas afectaciones económicas. De ahí la importancia de ser certeros en la elección.

Cabe destacar que la selección de las herramientas es una labor demandante, pues existen bastantes en el mercado. Es esencial adoptar las que brinden el mayor beneficio, al menor costo. La elección no debe estar en función del hardware con el que se cuenta en la empresa, pues la elección de una herramienta está pensada en los usos y el flujo de trabajo que se realice.

Se deben tener claro los usos que se les dé a BIM, así como los procesos en los cuales tomará partida, no se trata solo del uso que se plantea de forma interna. Si no, del flujo general que tendría un proyecto. Al implicar el hecho de recibir información elaborada por otros. Por eso las herramientas deben estar pensadas para que exista sinergia entre los diversos frentes de trabajo de un proyecto.

Para este plan de acción, se analiza la lista de herramientas BIM publicada en la página BIM Forum Chile, y se les dio prioridad a las herramientas recomendadas por profesionales del sector con experiencia en esta metodología. La incorrecta elección de estas herramientas podría afectar el trabajo de implementación, pues aparte de incrementar el impacto de la curva de aprendizaje, podrían no ser las herramientas adecuadas. Con los aspectos explicados previamente, se procede a justificar la selección de herramientas BIM a emplear en COCOSA.

Para explicar la selección realizada, se confecciona la figura 4, la cual define las actividades de interés para COCOSA, en un diagrama de las herramientas BIM.



**Figura 6:** Actividades de interés para COCOSA en un diagrama de herramientas BIM.  
Fuente: Elaboración propia.

La figura 5, permite apreciar con los indicadores en forma de estrella; cuáles son las actividades que COCOSA debe cubrir en términos de herramientas, para cumplir con los usos planteados.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los usos BIM planteados en la sección 6 de este documento y se les ubica en las actividades de la figura 5. Con el fin de apreciar que se están abarcando todos los usos en este análisis de herramientas.

Cuadro 1. Usos BIM de acuerdo con las actividades a cubrir	
Actividades de las herramientas	Usos de la metodología BIM en COCOSA
<b>Creación de contenido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar modelos 3D para verificar que la información brindada en planos sirve para construir y para presentar ofertas más completas y exactas.</li> <li>- Manipular modelos elaborados por otros, con el fin de extraer la información.</li> </ul>
<b>Gestión de activos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestionar los documentos y el control de costos de la construcción de la mano de BIM.</li> </ul>
<b>Gestión de proyectos y construcción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejercer el papel de coordinador en consultorías de licitación BIM. Generando un medio de comunicación para los involucrados.</li> <li>- Realizar la coordinación de especialidades.</li> <li>- Desarrollar modelos 4D para presentar ofertas más completas.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Se procede a describir las herramientas seleccionadas para las actividades expuestas y la justificación de su elección. Se aclara que en esta sección la justificación brindada se enfoca en las razones operacionales, que reducen la curva de aprendizaje. Mientras que el tema del costo será analizado al final de esta sección. Esto se hace para apreciar que el beneficio y el costo, fueron contemplados adecuadamente al elaborar este plan.

**Creación de contenido:** Para confeccionar modelos existen muchas herramientas, y cada rama presenta una variedad considerable. En el modelado de la superficie, por ejemplo, existen algunas populares, como: Civil 3D y Recap, ambas de la casa Autodesk; y otras que son especiales en el área de topografía.

Se menciona que, para el modelado arquitectónico, se presentan opciones, como: Sketchup Pro, ArchiCAD, Revit, y Vectorworks de la casa Nemetschek en su versión 2019, la cual destaca como una de las más potentes. Mientras que en la parte estructural se usan ETABS, Tekla Structure y SAP2000. Por otra parte, las instalaciones electromecánicas previamente contaban con herramientas exclusivas, para realizar esta actividad, sin embargo, han empezado a integrarse todas las disciplinas en único software, como lo hace Revit.

De acuerdo con los usos que COCOSA requiere para cubrir esta actividad, no es conveniente enfocarse en aquellas herramientas que son especiales para cada disciplina, porque implicaría comprar varios softwares, incrementando de esta forma el costo de implementación, además de complicar el proceso de aprendizaje y el manejo de la información, al estar pasando de una herramienta a otra.

Lo conveniente es dirigir la atención a las herramientas que satisfagan los usos deseados. Este caso es particularmente sencillo porque la herramienta Autodesk Revit presenta una gran cantidad de usuarios en el país, debido a que facilita el trabajo colaborativo y reduce la curva de aprendizaje, porque existen dos miembros del departamento de construcción en COCOSA, que cuentan con capacitación en esta herramienta. Y al ser la herramienta líder del mercado, permite la solución de problemas de forma eficiente, genera fuentes de información y colegas en el medio, con capacidad de ayudar. Se reduce la curva de aprendizaje, cada decisión que se tome está en función de reducirla.

Con Revit se desarrollan modelos 3D, basados en la información de planos de una licitación, ya que permite agregar información de todas las disciplinas involucradas. Aunado a esto permite abrir y extraer información de los modelos realizados por otros, evitando inconvenientes con el formato del archivo, ya que en la mayoría de las ocasiones se usa en su formato nativo, debido a su éxito. Al indicar que cumple con los usos planteados.

**Gestión de activos:** Por las funciones que realiza COCOSA, en su papel como constructora, era indispensable que existirá una herramienta, que permitiera sacarle provecho, a los procesos directamente relacionados con la construcción. Ya que gran parte de BIM se encarga de generar información óptima, en las etapas de diseño. Debido a que procura que al constructor le llegue información actualizada y valiosa. Pero a la hora de construir, a COCOSA le interesa contar con herramientas que le permitan llevar el control de los proyectos, al facilitar el manejo de documentos y el control de costos de la construcción. Es entonces donde surge una opción interesante, la cual es Procore.

Procore brinda un ambiente de trabajo en la nube, que permite administrar la documentación de cualquier proyecto como: encargados, submittals, seguridad laboral, compras y facturas, control del costo de la obra, control del avance, entre otras. Además, cuenta con una atención especializada para América Latina, donde el mismo equipo de Procore es el encargado de brindar una capacitación completa; no solo en las etapas iniciales, si no a lo largo de toda la vida de Procore, lo cual facilita su implementación y reduce la curva de aprendizaje. Aunado a lo anterior, permite ingresar una cantidad ilimitada de usuarios a cada proyecto que se coloque en la plataforma. Ya existía un acercamiento previo de COCOSA con Procore en el año 2015, pero sucede que ha crecido muchísimo en estos años, y ahora capta más la atención.

Se tuvo una videoconferencia con el equipo de Procore, para esclarecer sus funciones y alcance. De los mayores beneficios que se destacan, es el hecho de que Procore aportaría no solo al departamento de construcción, sino que sus herramientas internas, serían útiles para los otros departamentos de COCOSA, haciéndolo viable en términos económicos para la recuperación de la inversión. Sobresalen el gran número de empresas en Costa Rica, que han empezado a usar Procore, cerca de 35, y otras 30 están en los procesos iniciales de adopción o bajo capacitación.

Cabe destacar que Procore no nace para trabajar con BIM, sin embargo, ya han adoptado dentro de la plataforma algunas opciones que se integran a BIM, las cuales permiten colocar los modelos en la

plataforma, y enviar comunicados alrededor de este modelo, para solucionar inconvenientes, lo cual cumple el uso que COCOSA plantea para estas plataformas colaborativas. Y estas opciones seguirán creciendo, ya que este es el camino que siguen los desarrolladores de Procore actualmente. Por estas razones Procore es el candidato adecuado, para cubrir esta actividad.

**Gestión de proyectos y construcción:** De acuerdo con los usos planteados para esta actividad, se requieren al menos dos herramientas BIM. Para las cuales se generaron dos categorías, con el fin de comprender lo que abarca cada una.

La herramienta de gestión de proyectos categoria A es una que permita realizar modelos 4D, cuantificaciones, elaborar presupuestos, y coordinar especialidades a través de la detección de interferencias. Y la herramienta de gestión de proyectos categoria B, permite a COCOSA generar el espacio de colaboración (CDE), al tomar el papel de Gerente de proyectos BIM (BIM Project Manager), y cubrir su función como coordinador en consultorías de licitación BIM.

Para la categoria A, se analizaron las opciones, que destacaron en las entrevistas realizadas, como lo fueron: Navisworks, Solibri Model Checker, Synchro y la opción de un paquete que brinda la casa Trimble, denominado Trimble GCEstimator, el cual contempla dos herramientas: Vico Office y WinEst. De los mencionados, son óptimos en lo que hacen. Pero lo esencial es la reducción de la curva de aprendizaje, se podría descartar Solibri. Por requerir que los modelos sean enviados en formatos IFC, lo cual no debería ser un inconveniente, pero a nivel nacional se reportan fallos y pequeñas pérdidas de información al trabajar con este formato; además de que la conversión a estos formatos implica un tiempo considerado, y se debe ejecutar varias veces en un proyecto, por lo que no es la herramienta adecuada para COCOSA.

Synchro, es conocida por poseer mayor potencia en esta sección, sin embargo, presenta inconvenientes similares a los de Solibri, y cuenta con insuficiencias en la buena capacitación del personal, debido a la escasa experiencia del sector nacional con esta herramienta, lo que entorpecería el proceso de implementación. Y como se verá en la discusión del costo, tampoco se ve favorecido en ese sentido, indicando que no es la mejor opción.

Navisworks, presenta una ventaja en este campo, porque como ya se mencionó, Revit es la herramienta predilecta en Costa Rica para modelaje y como ambas son de la casa Autodesk, los trasposos de información son confiables, además de que la capacitación sería viable, pues existen

más profesionales usando Navisworks. Incluso el coordinador del departamento de construcción en COCOSA, el Ing. Kevin Miranda, ya ha utilizado Navisworks en sus funciones básicas, y existen varios cursos a nivel nacional; lo cual facilita su implementación. Permite realizar revisiones en la detección de interferencias, y genera modelos 4D en el grado que COCOSA los necesita y en compañía de Microsoft Excel se generan los presupuestos. Indicando una facilidad si se adopta Navisworks, ya que incluso Excel es parte de las herramientas usadas con frecuencia en COCOSA.

El paquete de GCEstimator de Trimble es óptimo, se adapta a los usos que desea COCOSA. Si presenta algunos retos en implementación, como el hecho de que la programación de obra está basada en un método diferente al diagrama de Gantt, el cual se denomina técnica de Línea de Balance (LOB-Line of Balance). Además de escasez en capacitación a nivel nacional, pero existen varias opciones de capacitación que se dan vía web, que podrían ser de gran provecho. La elección final entre este paquete de Trimble GCEstimator y Navisworks se dará junto a la evaluación del costo.

Para cubrir la  categoría B , se toman en cuenta las recomendaciones de los profesionales consultados. BimTrack y BimCollab, no se evaluaron por falta de tiempo, se les dio prioridad a Revizto, BIM360 Docs, y Procore. De estas, Revizto presenta la menor capacidad de implementarse porque son pocas las empresas en el país que lo utilizan, y su estado en la nube no es de actualización inmediata, se requiere que los modelos se están subiendo periódicamente con las actualizaciones. BIM360 Docs, presenta una alta capacidad y su servicio es adecuado en cuanto a mantener la información actualizada. Por otro lado, de Procore ya se mencionaron los beneficios que presenta para COCOSA. Aunque Procore posee una desventaja, y es que para integrarse a BIM requiere del uso de alguna herramienta externa, que comunique el modelo a Procore. Esta herramienta sería, A2P toolkit, que sirve para comunicarse con Assemble o Navisworks. Por lo que A2P toolkit será la herramienta planteada para acompañar a Procore.

### **Costo de las herramientas**

Se procede a presentar un análisis del costo, el cual utilizará el cuadro 2 como base. Se destaca, que de acuerdo con los argumentos expuestos sobre qué herramienta presenta mayores beneficios operacionales, se les asignó una calificación de 1 a 5 a las herramientas, con el fin de cuantificar su facilidad de implementación.

<b>Cuadro 2. Selección de herramientas BIM, en base al costo y facilidad de implementación</b>			
<b>Actividad</b>	<b>Herramienta</b>	<b>Costo anual</b>	<b>Facilidad de implementación</b>
<b>Creación de contenido</b>	Revit*	\$2,250.00	4
<b>Gestión de proyectos y construcción</b>	Categoría A	Synchro	\$3,000.00
		Paquete GCEstimator	\$5,000.00
		Navisworks*	\$2,755.00
	Categoría B	Revizto	\$4,000.00
		BIM360 docs	Sin detalle
		A2P toolkit*	\$1,200.00
<b>Gestión de activos</b>	Procore*	\$14,000.00	4

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Como se aprecia en la elección de la categoría A, se había discutido que Synchro tenía problemas en su implementación, por el poco uso que tiene en el país, y que en precio tampoco era el favorecido, como se observa en el cuadro 2. Por otra parte, la selección final que se realizaría entre el paquete de Trimble (GCEstimator) y Navisworks, arroja que el primero presenta un costo superior a Navisworks. Sin embargo, el alcance de este paquete es superior, principalmente en la elaboración de presupuestos. Pero de momento, para que la curva de aprendizaje se vea beneficiada, junto al monto de la inversión inicial, es conveniente seleccionar Navisworks. Y se recomienda que posteriormente, cuando haya experiencia y un mejor control sobre los procesos BIM en COCOSA, se evalué la posibilidad de usar el paquete GCEstimator.

En cuanto a la categoría B se observa que no se logra obtener el costo de BIM360 docs, en el tiempo de ejecución de este proyecto. La casa Revizto realiza un descuento de \$1,000.00 a COCOSA con respecto al costo indicado en su página web, pero los beneficios que brindan Procore y A2P toolkit son los adecuados, por su interoperabilidad.

Cabe mencionar que Autodesk, brinda un paquete que se denomina AEC collection. Este paquete está destinado a los profesionales de ingeniería, arquitectura y construcción que buscan integrar herramientas a un muy buen precio. El AEC collection incluye Revit, Infraworks, Civil 3D, AutoCAD, Navisworks, Recap, Dynamo Studio, entre otros de menor uso para COCOSA, por un monto de \$3,000.00. Este paquete muestra que la selección indicada en el cuadro 2 (asteriscos), es más económica de lo allí indicado.



De acuerdo con el cuadro 2, y a los análisis expuestos; las herramientas seleccionadas son:

- Revit para la creación de contenido,
- Navisworks para la gestión de proyectos y construcción,
- y, Procore para la gestión de activos, así como para la gestión de proyectos y construcción de la mano de A2P toolkit.

## 10.2 Solución al hardware requerido por las herramientas

Es importante aclarar que el hardware es un tema que se encuentra en segundo plano para BIM. Debido a que las herramientas si afectan la curva de aprendizaje y deben ser seleccionadas en función de los procesos y usos que se pretenden. Mientras que el hardware debe garantizar, que dichas herramientas tengan una base donde trabajar sin inconvenientes.

COCOSA presenta la característica que de que sus equipos, trabajan con el sistema operativo Macintosh. Lo cual hace necesario la compra de al menos un nuevo equipo, pues las herramientas Revit y Navisworks no corren es este sistema operativo. Existen opciones para que corran dentro de estos equipos. Sin embargo, tras realizar la consulta al encargado; el técnico y reseller certificado por la marca Apple, Diego Rivera. Indica que, para garantizar un funcionamiento eficiente de las herramientas, lo óptimo es poseer un equipo para esta labor.

Por parte de Procore no existe problema, debido a que es una plataforma digital en la nube, a la cual se accede desde una página web o desde una aplicación en el caso de dispositivos móviles. De momento se plantea la compra de solo un equipo, esto porque es difícil que procesos como, modelado 3D, detección de interferencias, o modelado 4D se den al mismo tiempo, y porque el tema de visualización se efectúa desde Procore. Comprar más de un equipo sería incurrir en un costo que de momento no es innecesario.

De acuerdo con el análisis realizado, los requisitos del hardware que demandan las herramientas seleccionadas son las siguientes:

- Sistema operativo: Windows 10 de 64 bits,
- Memoria RAM: 16GB,
- Disco Duro: SSD 960GB,
- Procesador: 6 núcleos (Ejemplo: Intel i7),
- y, Tarjeta de video: 4 GB o más.

## 10.3 Equipo de liderazgo BIM

La propuesta de este equipo se basa en los procesos propuestos, así como en la estructura ya existente en COCOSA.

**Cuadro 3. Descripción y competencias de los miembros del equipo de liderazgo BIM.**

Puesto	Descripción	Competencias
<p><b>Director y gerente de proyectos BIM</b></p>	<p>Gestionar junto a gerencia el proceso de implementación BIM. Controlando las condiciones que habilitan la correcta ejecución de BIM.</p> <p>Es el responsable de lograr un proyecto coordinado, utilizando las herramientas BIM y articulando a las distintas especialidades. Velará por la administración e implementación de las herramientas BIM, para el resto de los colaboradores, cubriendo temas como plantillas, objetos BIM y establecer los requisitos de la información en los casos que se requiera. Se encargará de evaluar las posibles soluciones, a los inconvenientes que surjan en cada proyecto.</p>	<p>Tener un conocimiento claro de la metodología BIM y de los softwares que van a ser utilizados.</p> <p>Debe comprender el camino a seguir para implementar BIM, lo cual implica un dominio consistente de este plan de acción. Y más allá de sus destrezas con las herramientas, requiere de habilidades blandas, buena capacidad de comunicación para el manejo de personal, experiencia en construcción, y la capacidad de coordinar a las partes. Una buena relación con el gestor de operaciones Procore.</p>
<p><b>Revisor y modelador BIM</b></p>	<p>Encargado de revisar que los modelos recibidos, cumplan con las condiciones establecidas para la información. También será el encargado de la modelación 3D y 4D en softwares BIM, velando porque también se cumplan los requisitos de la información en estos. Y más adelante cuando exista normativa al respecto, debe revisar que los modelos estén de acuerdo con las bases técnicas, y con el plan de ejecución BIM que llegue a regir.</p>	<p>Debe poseer manejo de interpretación de planos, así como conocimientos de construcción y manejos avanzados de los softwares Revit y Navisworks para hacer las modelaciones y la revisión de información.</p>
<p><b>Coordinador BIM</b></p>	<p>Encargado de integrar modelos de distintas especialidades y coordinarlos; detectar interferencias, comunicarlasy manejar los flujos de información del proyecto. Será también el encargado de extraer la cuantificación de modelos para elaboración de presupuestos.</p>	<p>Manejo básico de Revit y un control alto de Navisworks para la detección de interferencias, y la cuantificación de materiales, con el fin de elaborar los presupuestos correspondientes.</p> <p>Experiencia en la elaboración de presupuestos y buen manejo de Microsoft Excel.</p>
<p><b>Gestor de Operaciones Procore</b></p>	<p>Será la persona más informada respecto a Procore, y el encargado de llevarlo a los demás departamentos de la empresa, para esclarecer sus ventajas a los demás miembros. Deberá gestionar todo lo que esté relacionado con esta herramienta. Debe mantener actualizado el modelo a lo largo del tiempo. Deberá mantener la codificación del presupuesto en Procore.</p>	<p>Facilidad para aprender, de manera que sea el primero en esclarecer el uso de Procore y que pueda transmitirlo a los demás. Buena capacidad de comunicación y excelente relación con las nuevas tecnologías. Experiencia con presupuestos y la administración de la construcción. Conocimiento del control de costos de la construcción, así como de los procesos que realizan los otros departamentos en COCOSA.</p>

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

<b>Cuadro 4. Capacitación requerida para los miembros del equipo de liderazgo BIM.</b>	
<b>Puesto</b>	<b>Capacitación</b>
<b>Director y gerente de proyectos BIM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cursos de nivel básico en el uso de Revit y Navisworks.</li> <li>- Taller: Planes de ejecución BIM.</li> <li>- Curso de interpretación BIM para directores de proyecto.</li> </ul>
<b>Revisor y modelador BIM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cursos de nivel básico en el uso de Revit y Navisworks.</li> <li>- Cursos de un nivel avanzado de Revit.</li> <li>- Nivel avanzado de Navisworks centrado en la programación de obra.</li> </ul>
<b>Coordinador BIM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cursos de nivel básico en el uso de Revit y Navisworks.</li> <li>- Curso de nivel avanzado en Navisworks para la coordinación BIM.</li> <li>- Curso de análisis BIM para presupuestistas.</li> </ul>
<b>Gestor de Operaciones Procore</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cursos de nivel básico en el uso de Revit y Navisworks.</li> <li>- Estudio amplio de Procore.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

## 11. Presupuesto de implementación

A continuación, se presenta el presupuesto, basado en los resultados de los puntos anteriores. Contempla las herramientas, el hardware requerido y la capacitación del nuevo equipo de liderazgo BIM.

<b>Cuadro 5: Presupuesto para la implementación de BIM en COCOSA.</b>			
<b>Rubro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unit</b>	<b>Monto</b>
<b>Herramientas</b>			
Paquete AEC collection Autodesk	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Procore	1	\$14,000.00	\$14,000.00
A2P toolkit	1	\$1,200.00	\$1,200.00
<b>Hardware</b>			
Computadora de acuerdo con los requisitos de las herramientas	1	\$1,600.00	\$1,600.00
<b>Capacitación</b>			
Revit básico vía web	4	\$50.00	\$200.00
Navisworks básico vía web	4	\$85.00	\$340.00
Taller: Planes de ejecución BIM, para establecer los requisitos de la información	1	\$190.00	\$190.00
Interpretación BIM para directores de proyecto	1	\$230.00	\$230.00
Revit avanzado	1	\$350.00	\$350.00
Navisworks centrado en programación de proyectos y 4D	1	\$85	\$85
Navisworks para coordinación BIM	1	\$310.00	\$310.00
Curso de análisis BIM para presupuestistas	1	\$210.00	\$210.00
Capacitación Procore	4	\$0	\$0
<b>TOTAL</b>			<b>\$21,715.00</b>

Fuente: Elaboración propia, con herramienta Microsoft Word.

Así mismo se destaca que este monto representa la cantidad monetaria necesaria para implementar BIM, pero existirán costos asociados que son difíciles de cuantificar, como retrabajo que genera la curva de aprendizaje. De momento el monto es mayor por la capacitación inicial, después el gasto anual será de \$18,200.00. El monto anterior se encuentra adecuado para el sector y para una empresa mediana como COCOSA. Si analizamos el hecho de que estas herramientas como mínimo, permiten una eficiencia, tal que, solventan el puesto de un trabajador que organice y digite información de los diferentes procesos. Y a este trabajador se le paguen \$900 mensuales, el costo anual de este trabajador es de \$11,700.00. Por lo que el monto en cuanto a productividad es justo y además las herramientas planteadas, traerán mayores eficiencias a los procesos de COCOSA, y un interés por parte del mercado, que justifican el monto de la inversión inicial.

## 12. Secuencia de acciones

Se define la siguiente secuencia de acciones con el fin de que la implementación, presente un orden el cual permita cumplir los objetivos planteados en el tiempo esperado.

1. asignar a los encargados de ocupar los puestos del equipo de liderazgo BIM,
2. realizar una reunión con el equipo de liderazgo BIM, para dejar claro el plan de acción y la forma de actuar, para lograr la adopción de BIM;
3. que el equipo de liderazgo organicé y efectúe una reunión con la presencia de todos los colaboradores internos de COCOSA, para explicar el plan acción y lo que se busca;
4. inicio de la capacitación de Procore para todos los miembros de COCOSA;
5. inicio de la capacitación para los miembros del equipo de liderazgo;
6. establecer formatos definidos en los diferentes departamentos a través de Procore;
7. definir y adoptar el sistema de clasificación más adecuado para los proyectos constructivos desarrollados por COCOSA;
8. generar un base de datos, de materiales, costos unitarios de trabajos terminados, así como rendimientos de mano de obra y maquinaria;
9. compra de los demás softwares;
10. inicio de la aplicación de los nuevos procesos BIM;

11. y, conforme se adquiere experiencia y se mejoran los procesos se debe ir estableciendo un grupo de contactos de confianza con los cuales se puede desarrollar proyectos BIM adecuadamente.

## 13. Fuentes consultadas

- Avendaño, M. (24 de diciembre de 2018). Reforma fiscal llena de incertidumbre al sector construcción tras un leve respiro en 2018. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com>
- BIM Forum Chile. (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>
- BIM Forum Chile. (2017). *La Propuesta de BIM y la Colaboración*. Recuperado de [http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-\\_Propuesta-BIM-y-Colaboraci%C3%B3n\\_2017.pdf](http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-_Propuesta-BIM-y-Colaboraci%C3%B3n_2017.pdf)
- BIM Forum Chile. (2017). *Recomendaciones prácticas para el uso de herramientas BIM en la coordinación de proyectos desarrollados de forma tradicional*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Recomendaciones-pr%C3%A1cticas-para-el-uso-de-Herramientas-BIM-Febrero-2017.pdf>
- BIM Forum Chile. (2018). *Incorporación de Procesos Colaborativos BIM*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wpcontent/uploads/2018/12/Incorporaci%C3%B3n-de-Procesos-Colaborativos.pdf>
- Blanco, A. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Chonkan, L. (2016). *Modelado de Información de Edificios como Herramienta en la Programación de Obra y Mejoramiento de la Constructibilidad* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Chonkan, J. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. (2017). *Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa*. Recuperado de <https://www.esbim.es/>
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2016). *Resumen Ejecutivo BIM Estrategia Pública 2020*. Recuperado de [http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen\\_Ejecutivo\\_Seminario\\_BIM.pdf](http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen_Ejecutivo_Seminario_BIM.pdf)
- Despacho de la primera dama de la República de Costa Rica. (2019). *Implementación del BIM en la Construcción Pública: El Caso Chileno*. Conversatorio llevado a cabo en el auditorio del

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, San José, Costa Rica. Comunicación personal.

- Eliash, A. (2015). *Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile* (tesis de maestría), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Federación Interamericana de la Industria de la Construcción. (2017). *Resultados primera encuesta BIM Latinoamericana*. Recuperado de [http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/08/INCONNECT\\_Resultados\\_Publicos\\_Encuesta\\_BIM\\_Forum\\_Latam\\_2017.pdf](http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/08/INCONNECT_Resultados_Publicos_Encuesta_BIM_Forum_Latam_2017.pdf)
- González, L. (2015). *Modelado de un edificio habitacional utilizando la herramienta BIM para la cuantificación de elementos de construcción* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Olivas, J. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Rodríguez, F. (2017). *Aplicación de la filosofía BIM en la administración y registro de la información del proyecto de construcción Escazú Village* (tesis de pregrado), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Romero, R. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Valle, R. (2014). *Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria* (tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Vargas, A. (2015). *Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

# Anexos

Se incluyó un anexo en este documento, el cual sirve de apoyo a la hora de realizar la investigación y podría resultar de interés para el lector.

- **Anexo 1.** Metodología para planificar la implementación de BIM en empresas constructoras de Valle (2014, p.34).

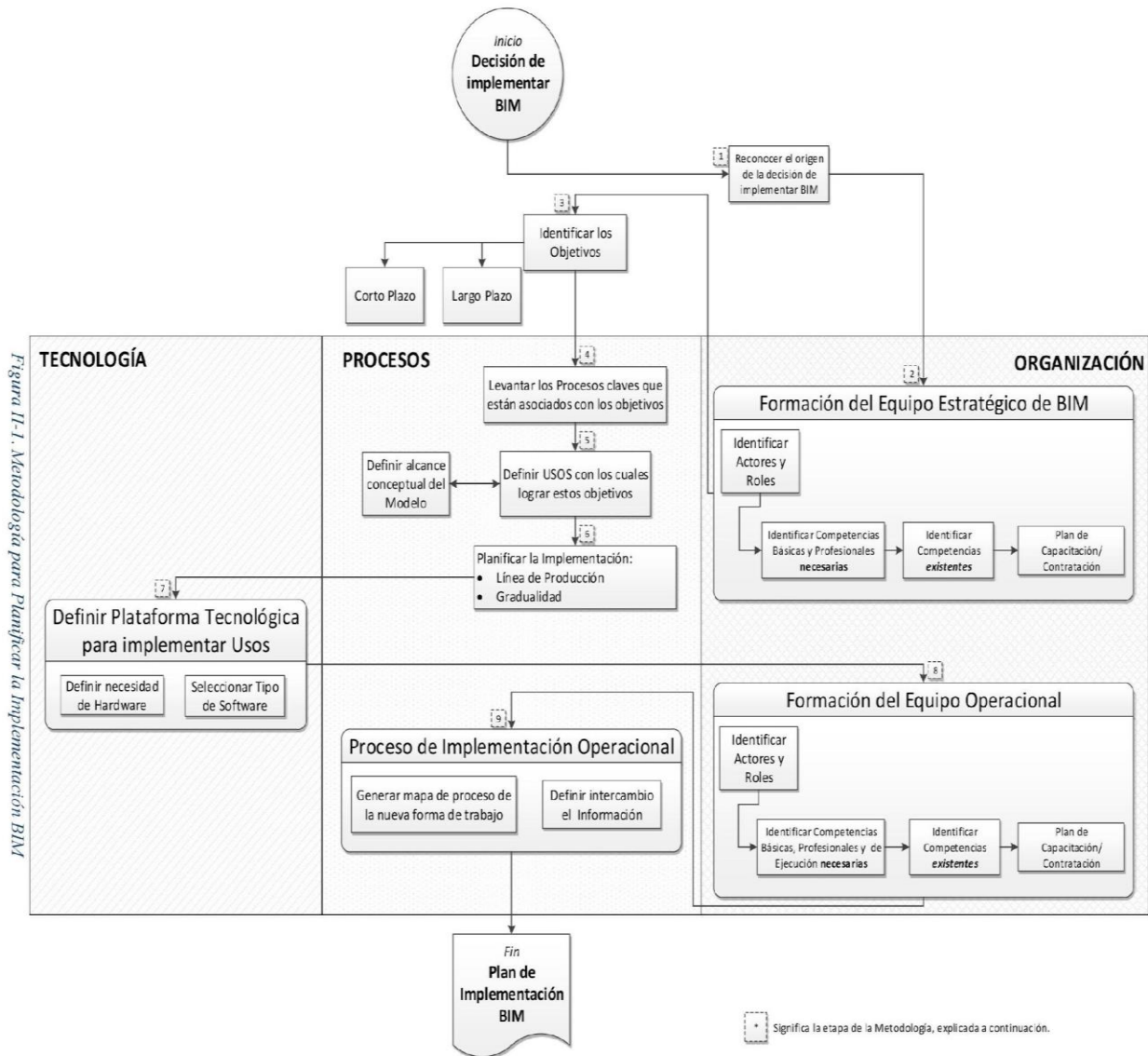


Figura II-1. Metodología para Planificar la Implementación BIM



# Referencias

- Avendaño, M. (24 de diciembre de 2018). Reforma fiscal llena de incertidumbre al sector construcción tras un leve respiro en 2018. *El Financiero*. Recuperado de <https://www.elfinancierocr.com>
- BIM Forum Chile. (2017). *Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf>
- BIM Forum Chile. (2017). *La Propuesta de BIM y la Colaboración*. Recuperado de [http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-Propuesta-BIM-y-Colaboraci%C3%B3n\\_2017.pdf](http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/BIM-Forum-Chile-Propuesta-BIM-y-Colaboraci%C3%B3n_2017.pdf)
- BIM Forum Chile. (2017). *Recomendaciones prácticas para el uso de herramientas BIM en la coordinación de proyectos desarrollados de forma tradicional*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Recomendaciones-pr%C3%A1cticas-para-el-uso-de-Herramientas-BIM-Febrero-2017.pdf>
- BIM Forum Chile. (2018). *Incorporación de Procesos Colaborativos BIM*. Recuperado de <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2018/12/Incorporaci%C3%B3n-de-Procesos-Colaborativos.pdf>
- Blanco, A. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Chonkan, L. (2016). *Modelado de Información de Edificios como Herramienta en la Programación de Obra y Mejoramiento de la Constructibilidad* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Chonkan, J. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. (2017). *Informe de análisis del impacto de la implantación BIM en la pequeña y mediana empresa*. Recuperado de <https://www.esbim.es/>
- Corporación de Fomento de la Producción (CORFO). (2016). *Resumen Ejecutivo BIM Estrategia Pública 2020*. Recuperado de [http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen\\_Ejecutivo\\_Seminario\\_BIM.pdf](http://www.dgop.cl/areasdgop/semat/Documents/Resumen_Ejecutivo_Seminario_BIM.pdf)
- Despacho de la primera dama de la República de Costa Rica. (2019). *Implementación del BIM en la Construcción Pública: El Caso Chileno*. Conversatorio llevado a cabo en el auditorio del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Eliash, A. (2015). *Entendiendo el uso de BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile* (tesis de maestría), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Federación Interamericana de la Industria de la Construcción. (2017). *Resultados primera encuesta BIM Latinoamericana*. Recuperado de [http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/08/INCONNECT\\_Resultados\\_Publicos\\_Encuesta\\_BIM\\_Forum\\_Latam\\_2017.pdf](http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/08/INCONNECT_Resultados_Publicos_Encuesta_BIM_Forum_Latam_2017.pdf)

- González, L. (2015). *Modelado de un edificio habitacional utilizando la herramienta BIM para la cuantificación de elementos de construcción* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Olivas, J. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Rodríguez, F. (2017). *Aplicación de la filosofía BIM en la administración y registro de la información del proyecto de construcción Escazú Village* (tesis de pregrado), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Romero, R. (2019). *Entrevista sobre implementación BIM*. San José, Costa Rica. Comunicación personal.
- Valle, R. (2014). *Factores claves y metodología para planificar la implementación de BIM al interior de una empresa constructora-inmobiliaria* (tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Vargas, A. (2015). *Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo* (tesis de pregrado), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.