

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Construcción

Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del proyecto
Santa Ana Country Club

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

Roxana María Rojas Ballesterero.

Cartago, Noviembre 2018.

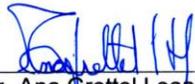
**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE
PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Milton Sandoval Quirós, Ing. Juan Carlos Coghi Montoya, Ing. Ana Grettel Leandro Hernández, 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. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Guía


Ing. Juan Carlos Coghi Montoya.
Profesor Lector


Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Observadora

Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del Proyecto Santa Ana Country Club

Abstract

In this project, the method applied by the company Edificar was followed for the attention and resolution of incongruities that were presented in the integration of the different designs that make up the Santa Ana Country Club project. The description of the progress that the construction presented was useful to define the priorities in the attention that should be given to the inconsistencies. The method followed by the company Edificar is analyzed, especially the use that is given to the BIM Revizto tool and the functions it offers to guarantee an efficient resolution process among all the collaborators of the project. An investigation is made of other BIM tools such as BIM 360 and BIMcollab in order to know if there are significant differences in the use of these and that therefore can help to improve the conflict resolution process. According to the experience obtained with the method followed by Edificar in a specific project, it was possible to offer improvement proposals to be applied in future projects that involve the use of these BIM tools.

For the process of resolution of inconsistencies through BIM applications to be efficient, it is necessary that the people involved in the project, are trained and therefore interested in promoting the development of the BIM within their tasks, to take advantage of the functions to a great extent that offer these BIM tools.

Keywords: *Detection, resolution, inconsistencies, BIM tools, progress, integration designs, improvements.*

Resumen

En este proyecto se dio seguimiento al método aplicado por la empresa Edificar para la atención y resolución de incongruencias que se presentaron en la integración de los distintos diseños que conforman el proyecto Santa Ana Country Club. La descripción del avance que presentaba la construcción fue útil para definir las prioridades en la atención que se le debía dar a las incongruencias. Se analiza el método seguido por la empresa Edificar, en especial al uso que se le da a la herramienta BIM Revizto y las funciones que ofrece para garantizar un proceso eficiente de resolución entre todos los colaboradores del proyecto. Se realiza una investigación de otras herramientas BIM como lo es BIM 360 y BIMcollab con el fin de conocer si existen diferencias significativas en el uso de éstas y que por lo tanto puedan ayudar a mejorar el proceso de resolución de conflictos. De acuerdo a la experiencia obtenida con el método seguido por Edificar en un proyecto en específico se pudo ofrecer propuestas de mejoras para ser aplicadas en futuros proyectos que involucren el uso de éstas herramientas BIM.

Para que el proceso de resolución de incongruencias mediante aplicaciones del BIM sea eficiente, es necesario que las personas involucradas en el proyecto, estén capacitadas y por lo tanto interesadas en promover el desarrollo del BIM dentro de sus tareas, para aprovechar en gran medida las funciones que ofrecen éstas herramientas BIM.

Palabras claves: *Detección, resolución, incongruencias, herramientas BIM, avance, integración diseños, mejoras.*

Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del Proyecto Santa Ana Country Club

ROXANA MARÍA ROJAS BALLESTERO

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

Noviembre del 2018

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo.....	2
Introducción	3
Marco Teórico	5
Metodología	25
Resultados	27
Análisis de los resultados	44
Conclusiones.....	47
Recomendaciones	48
Apéndices	49
Anexos.....	76
Referencias.....	84

Prefacio

Debido a que proyectos desarrollados con sistemas CAD (2D) algunas veces presentan disconformidades en la integración de los diseños, surge la necesidad de tener un modelo claro y detallado de cada elemento que conforma el diseño, para lograr eficiencia en el desarrollo de la construcción. La aplicación de la metodología BIM (Building Information Modeling) se presenta como una herramienta de trabajo colaborativa, donde se crea y gestiona un proyecto de construcción, “con el objetivo de centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes” (building SMART, 2014), lo que ayuda a identificar errores en el diseño desde antes de construir, con el fin de evitar impactos en costos y tiempo, mediante la propuesta de soluciones en colaboración con los diseñadores de cada etapa del proyecto.

Este trabajo consiste en agilizar el proceso de resolución de interferencias que se presentan en el proyecto Santa Ana Country Club aplicando el método seguido por la empresa Edificar, los cuales se producen debido a las deficiencias de integración que se dan durante la fase de diseño, mediante el uso de una herramienta BIM (Revizto). Además de poder corregir esas incongruencias, se puede tener un historial que facilite la creación de los planos AS BUILT, los cuales “se refieren a planos, cálculos y descripciones de las actualizaciones que reflejan la adaptación del Proyecto de Ejecución a la realidad de la obra, a los cambios pedidos durante el transcurso de la misma” (Despacho Ingeniería Proyectos, 2010).

Dado que Edificar es una empresa líder en construcción en Centroamérica, es de interés el implementar nuevas herramientas que agilicen el proceso constructivo; es por esto que en los últimos proyectos Edificar se ha centrado en la utilización de software como Revizto con el cual se logra desde la etapa de pre construcción identificar variedad de incongruencias las cuales

surgen de las diversas disciplinas de planos que conforman un proyecto. Es aquí donde radica el interés por la implementación de BIM en un proyecto como Santa Ana Country Club, en el cual, al ser un proyecto de gran magnitud, se presenta gran cantidad de incongruencias, las cuales deben ser solucionadas con el fin de contar con planos claros para una exitosa construcción desde la etapa de obra gris hasta los acabados.

De esta forma es importante la investigación de otras herramientas BIM útiles para dar seguimiento al proceso de detección y atención de incongruencias y que puedan ser aplicadas en otras organizaciones, con el fin de proponer mejoras en el uso de las mismas, esperando que puedan ser utilizadas para futuros proyectos.

Agradecimientos

A mi padre Edwin Rojas por haber sido la persona que me impulsó desde pequeña a cumplir mis metas, con su ejemplo de esfuerzo y lucha y aunque solo queda su recuerdo, aún guardo sus palabras de motivación.

A mi madre Mayra Ballesteros, una mujer valiente y amorosa que nunca perdió la esperanza en verme cumplir una meta más.

Al profesor Milton Sandoval por su paciencia y guía durante este proceso.

A los ingenieros de la empresa EDIFICAR, quienes me apoyaron en la realización de este trabajo.

Y a todas aquellas personas que me ayudaron a mantenerme firme en esta etapa final de mi carrera universitaria.

Resumen ejecutivo

La implementación del BIM en la empresa Edificar inició en el año 2015 con modelos de visualización y coordinación de información (3D), actualmente hacen uso de la herramienta Revizto con el objetivo de detectar y solucionar incongruencias presentadas al integrar los diseños que conforman el proyecto Santa Ana Country Club. Al empezar de manera tardía con la detección de incongruencias, surgieron gran cantidad de éstas, por lo tanto se le dio seguimiento al método empleado por la empresa con el fin de agilizar el proceso y por lo tanto analizarlo, buscando propuestas de mejoras para que éstas sean aplicadas en futuros proyectos, asegurando la eficiencia del proceso de resolución.

Los objetivos que se plantearon para la realización de este trabajo fueron:

- Descripción actual del proyecto.
Fue necesario el reconocimiento de la construcción por medio de planos y la visita constante al sitio, con lo cual se llevó un registro fotográfico del avance en el proceso constructivo.
- Análisis de método en Edificar.
Mediante una capacitación, entrevistas y participación en el proceso de resolución, se dio seguimiento al método aplicado por la empresa Edificar, en especial con el uso de la herramienta BIM Revizto.
- Comparación de métodos de detección.
Se procedió a investigar distintas herramientas BIM: BIM 360 y BIMcollab, buscando establecer aspectos importantes en su uso, lo cual permitió el desarrollo de una comparación entre ellas y la utilizada actualmente por la empresa Edificar.

- Propuesta de mejoras en uso de herramientas BIM.

De acuerdo a la experiencia obtenida en la aplicación del método seguido por la empresa Edificar en el proyecto de Santa Ana Country Club y del estudio de otras herramientas BIM se dieron propuestas de mejoras, con el fin de que puedan ser utilizadas para futuros proyectos.

En el proyecto Santa Ana Country Club se presentó un proceso no esperado en cuanto a la resolución de incongruencias, debido a que el avance presentado en la construcción no era el idóneo para atender todas las incongruencias, además no hubo una participación activa de todos los involucrados en el proyecto siendo éstos usuarios del software Revizto, lo cual indicó poco interés en el desarrollo del BIM en el proceso de resolución de incongruencias.

Las herramientas BIM investigadas sí presentaron dentro de sus funciones la posibilidad de un proceso exitoso de resolución de incongruencias, pero para garantizar que éste proceso sea eficiente es necesaria la participación activa de todos los usuarios en la implementación del BIM.

Además, aunque no está establecido un método específico para el proceso de resolución de incongruencias, el desarrollo de un plan de ejecución BIM antes de iniciar la construcción para un proyecto en específico puede marcar la diferencia en la eficiencia del proceso.

La selección de una herramienta BIM de colaboración radica en los gustos, la posibilidad de pagar por ella y de la integración que pueda tener ésta con la que utilizan para desarrollar el modelo 3D en cada organización. Revizto, BIM 360 y BIMcollab ofrecen funciones similares e importantes para que sean del agrado del usuario, permitiendo la comunicación entre los involucrados de un proyecto, lo cual es la clave para un proceso exitoso de resolución de incongruencias en cualquier proyecto constructivo.

Introducción

Para que las empresas constructoras puedan asegurar mayor eficiencia en el proceso de construcción, evitando pérdidas de tiempo y costo por la necesidad de los re trabajos, es importante la implementación de herramientas BIM que permitan detectar y por lo tanto solucionar inconsistencias en la integración de los distintos diseños que conforman un proyecto antes de iniciar la etapa de construcción.

Las inconsistencias presentadas en la integración de los diseños surgen debido a que al trabajar por separado en cada diseño, se realizan modificaciones que probablemente no son consideradas en los demás modelos, por lo que al unirlos es cuando se presentan los problemas, necesitando volver a actualizar individualmente el diseño, lo que implica gran cantidad de tiempo perdido.

Las herramientas BIM para la detección de incongruencias cumplen un papel fundamental en las etapas iniciales del proyecto, para lograr mayor control sobre las incidencias que son identificadas y de esa forma buscar una solución pronta, en colaboración de todos los involucrados en el desarrollo del proyecto, fomentando la comunicación y coordinación con éstas herramientas.

Para que la detección de conflictos se realice de manera adecuada y cumpla con la función de garantizar eficiencia en el proceso constructivo, se debe tomar en cuenta que los modelos que conforman el proyecto tengan el mismo punto de referencia y que sean compatibles con la herramienta BIM seleccionada para realizar éste análisis. (AUTODESK, 2014)

Aunque la implementación del BIM representa grandes beneficios para el desarrollo de procesos constructivos, en el ámbito nacional su implementación está iniciando, por lo tanto la mayoría de empresas aun no tienen una estrecha relación con ésta metodología, lo que implica que no se obtengan los resultados esperados en el desarrollo del mismo.

Las herramientas BIM por sí mismas no logran el objetivo de garantizar procesos constructivos eficientes, por lo tanto, el método seguido por cada organización es fundamental para que el uso de la herramienta cumpla su función.

Es importante conocer sobre el plan de ejecución que adopta cada equipo de trabajo para la implementación del BIM en un proyecto en específico y con éste plan elegir una herramienta de coordinación que se apegue a las necesidades del plan. Se debe tener en cuenta que todos los proyectos implican un plan de ejecución distinto, ya que todos los proyectos son diferentes, ya sea por el tipo de edificación, área de construcción, información del proyecto disponible, equipos de trabajo distintos, entre otros.

Objetivo General

Desarrollar una propuesta para la solución de incongruencias entre diferentes sistemas de un proyecto en las fases de diseño y ejecución mediante herramientas BIM: Caso Santa Ana Country Club.

Objetivos Específicos

- 1) Describir la situación actual del proyecto Santa Ana Country Club.
- 2) Analizar el método actual de detección y atención de incongruencias entre los diversos sistemas que componen el proyecto Santa Ana Country Club.
- 3) Comparar las prácticas actuales de la empresa Edificar para la detección y atención de incongruencias con otras herramientas.
- 4) Proponer mejoras en el proceso de detección y solución de incongruencias con herramientas BIM.

Alcances y limitaciones

La descripción del proyecto se limita a las características generales de Santa Ana Country Club, como ubicación, área de construcción, secciones que conforman el proyecto, por medio de plantas arquitectónicas. A través de un registro fotográfico se documentó el avance en procesos constructivos que involucraron los mayores conflictos, teniendo en cuenta que el avance identificado podía representar el poder solucionar a tiempo los conflictos.

El análisis del método fue con base al seguido por la empresa Edificar en el proyecto en construcción Santa Ana Country Club, el cual fue aplicado de acuerdo al plan de ejecución que se estaba desarrollando por parte del equipo de trabajo de Edificar, por lo tanto no se realizó ningún aporte fuera del plan ya mencionado.

Se da a conocer sobre dos tipos de herramientas de colaboración para la atención y solución de incongruencias, permitiendo realizar comparaciones con la herramienta utilizada por la empresa Edificar.

Las propuestas de mejoras se limitan a lo analizado en los objetivos anteriores, sobre la experiencia en la aplicación del método seguido en el proyecto de Santa Ana Country Club y lo investigado sobre otros tipos de herramientas, que pueden llegar a formar parte en el desarrollo de procesos constructivos más eficientes en otras organizaciones.

Marco Teórico

¿Qué es el BIM?

BIM (Building Information Modeling) representa un método de trabajo en el sector de la construcción, el cual mediante ciertos programas permite integrar y gestionar información valiosa de la construcción en un único modelo, permitiendo a todos los involucrados en el proyecto tener conocimiento del mismo, desde el diseño hasta la ejecución, garantizando un trabajo colaborativo con lo cual se busca un mayor control evitando retrocesos en la ejecución por un mal diseño (Brugarolas, 2016).

El significado de sus siglas describe la relación con el método de trabajo que éste implica, Brugarolas (2016) las define de la siguiente forma:

- **Building:** hace mención al sector en el cual se centraliza la metodología de trabajo, no solo se refiere a obras de edificación, sino también a cualquier otro tipo de proyecto. Abarca todo el ciclo de vida del proyecto, desde el diseño hasta el mantenimiento y renovación.
- **Information:** involucra todo tipo de información relevante para llevar a cabo un proyecto, desde presupuestos, planos, diseños detallados, planificación de obra, materiales, entre otra información.
- **Modeling:** representa la mayor ventaja de implementar la metodología BIM, ya que permite que personas involucradas en el proyecto tengan acceso a un modelo en el cual se incluye todo lo concerniente al desarrollo del proyecto, unificando áreas de arquitectura, diseño interior, estructuras, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería sanitaria, seguridad, entre otras.



Figura 1. Trabajo colaborativo BIM. Fuente: Birmingham City University, 2014.

El BIM permite, como se observa en la figura 1, un trabajo colaborativo, donde personas involucradas en el proyecto como arquitectos, ingenieros, encargados de la construcción, dueños, fabricantes entre otros, trabajan en conjunto virtualmente teniendo información actualizada en tiempo real y en un único lugar, desde la fase de diseño hasta la demolición, manteniendo un control en su área específica, permitiendo que los demás puedan dar un seguimiento a los cambios presentados, esperando que haya una mejor coordinación en la integración de los trabajos.

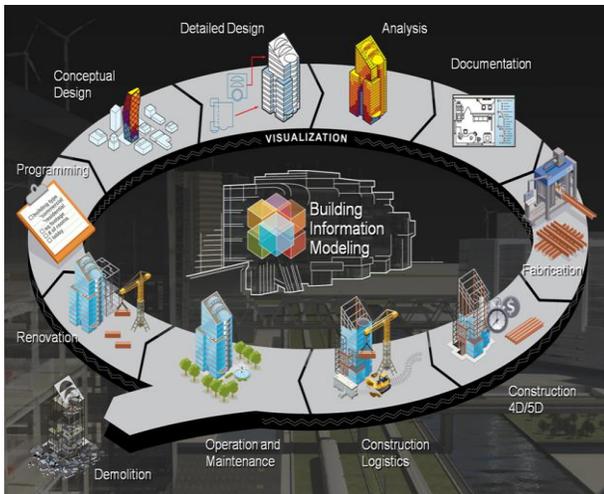


Figura 2. Aspectos que involucra el BIM. Fuente: KAIZEN ARQUITECTURA & INGENIERÍA, 2015.

BIM abarca aspectos de un proyecto tales como la programación, diseño conceptual, diseño detallado, materiales utilizados, costos, la logística de la construcción, operación y mantenimiento e incluso demolición. Este tipo de información puede ser clasificada como información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). (BuildingSMART, 2014). Esta clase de inclusión de información en un solo lugar es lo que hace de BIM una metodología de trabajo que va ganando atención por las empresas, ya que se busca innovación y eficiencia en el desarrollo de los trabajos.

Origen del BIM

Años atrás la historia de la construcción implicó que los diseños de los proyectos se realizaran con papel y lápiz, lo cual representaba un trabajo muy grande debido a la exactitud con el que era ejecutado, un mínimo error y era necesario volver a empezar el trabajo. Tuvo que pasar mucho tiempo para contar con las ventajas que representa la metodología BIM, aunque no hay un punto específico en la historia que marque su inicio, hay varios caminos que cuentan su origen.

Algunos puntos que enlista Brugarolas, 2016 sobre el origen de BIM son:

- La empresa *Graphisoft* desarrolló un programa en 1982 para dibujar utilizando 2D y 3D.

- *Autodesk* comenzó a utilizar el concepto BIM tras la compra en 2002 de la empresa *Revit Technology Corporation*.
- Algunas personas creen que quién empezó a propagar este tema fue el profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology.
- Jerry Laiserin fue quién lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción.
- Algunas empresas conocidas que ofrecen esta metodología son: Nemetschek, Autodesk, Bentley Systems y Trimble

Implantación de BIM en el mundo

El BIM ha representado una metodología exitosa en muchos países del mundo incluso posicionándose como obligatoria en procesos de licitación, a continuación se explica la situación en la que se encuentra el BIM en varios países:

- España: A partir de julio de 2015 el Estado mediante el Ministerio de Fomento, comienza con la implementación de la metodología BIM por medio de una Comisión, la cual dictaría las pautas para el uso obligatorio de BIM en los procesos de licitaciones públicas que contemplen proyectos de edificación e infraestructura, siendo esto para el año 2018 y 2019, para el 2020 se espera que la implantación de BIM en cualquier licitación para equipamientos o infraestructura pública sea obligatoria, independientemente en si corresponde a la etapa de diseño o construcción.
- Alemania: el Estado tomó la decisión de que proyectos que superaran los 100 millones de euros debían ser realizados bajo la implementación de la metodología BIM, a partir del 2017.
- Finlandia: se ha requerido la implementación de la metodología BIM desde el año 2007.
- Italia: su iniciativa radica en crear una base de datos que incluya información sobre el proceso que conlleva una edificación, con lo que se busca

aumentar la eficacia en el desarrollo de los proyectos, la idea es poder mediante modelos BIM enlazar, actualizar y extender a otros softwares por medio de archivos de tipo IFC.

- Reino Unido: a partir del 2016 se decidió que era necesaria la implementación de BIM para la realización de sus proyectos
- Estados Unidos: desde el 2017 una empresa americana solicita que un requisito para el desarrollo de los proyectos es que se realicen bajo la implementación de la metodología BIM.
- China: la utilización de herramientas BIM no es obligatoria pero si recomiendan su uso con el fin de disminuir costos en materia ambiental, en el sector de la construcción primordialmente, con el paso del tiempo han ido publicando guías sobre el uso del BIM y por lo tanto adoptando su implementación.

En forma general se muestra un registro aportado por McGraw Hill Construction en el año 2013, donde se indica el porcentaje de contratistas en distintos países donde se presentan altos niveles de implementación del BIM.

En la mayoría de los países, se muestra que del año 2013 al 2015 la implementación del BIM aumenta casi o más del doble en la cantidad de contratistas que lo utilizan. En el caso de Brasil, la implementación ha ido en aumento rápidamente, al igual que en Australia y UK.

Esto indica que en aquellos países que se ha implementado ésta metodología, ha presentado ventajas en su uso, con lo cual mayor cantidad de organizaciones se suman a la adopción de este método de trabajo.

El BIM con el paso del tiempo ha ido ganando importancia en muchos países y como se aprecia en la figura 3, en un lapso muy corto mostró un aumento importante en su integración, por lo que se espera que entre el 2018 y 2022 estas cifras sean aún más altas, considerando que la innovación que buscan las empresas para optimizar los procesos esté relacionada estrechamente a la implementación de esta metodología.

Tomando en cuenta que en la figura 3 se muestran países con niveles altos de implementación del BIM, donde solamente se muestra un país latinoamericano Brasil, es importante conocer la situación actual de algunos de estos países.

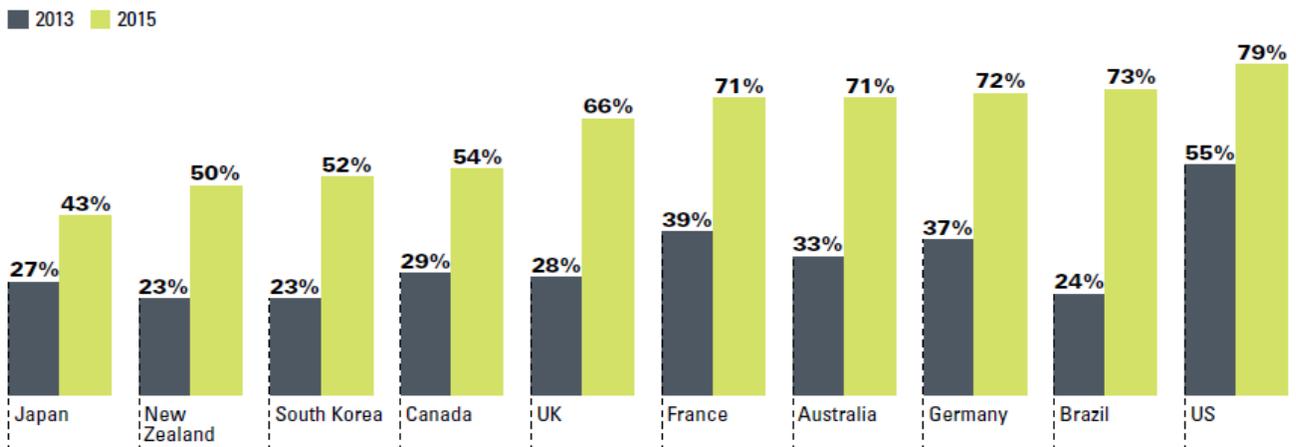


Figura 3. Porcentaje de contratistas con un alto nivel de implementación de BIM. Fuente: McGraw Hill Construction, 2013.



Figura 4. BIM en Latinoamérica. Fuente: EDITECA, 2018.

La implementación del BIM en países de América Latina se presenta de manera desequilibrada, ya que son pocos los países que integran esta metodología en sus empresas, como lo es Costa Rica, Ecuador, Perú, Chile, Argentina, Venezuela, Colombia y Panamá.

Chile por ejemplo representa un país en el cual el BIM se encuentra en pleno auge, es de resaltar que en centros universitarios están integrando en los programas el tema de BIM, logrando que los estudiantes se capaciten y enfrenten a los cambios que posiblemente se presenten en los métodos de trabajo de las empresas para los años 2020 y 2025, ya que según la experta en BIM Bárbara Morales, para el año 2020 en Chile el BIM será una realidad en el sector público y para el sector privado su implementación será aproximadamente para el año 2025.

En el caso de Costa Rica, el tema del BIM se encuentra en desarrollo, según afirma Aarón Piedra, BIM Manager; son en mayoría las empresas privadas e inversiones extranjeras quienes poco a poco tratan de integrar esta metodología en el país, es un proceso lento el que se presenta en el país. Costa Rica cuenta con un comité técnico el cual propone promover la implementación del BIM en el sector de la construcción, llamado BIM Forum Costa Rica, el cual sesiona bajo la coordinación de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC). BIM Forum Costa Rica pretende atender las dudas de los interesados en la adopción de esta metodología con el fin de que su implementación esté guiada para un adecuado y responsable desarrollo del mismo.

BIM a diferencia del CAD

Las aplicaciones CAD (Computer Aided Design) cuando necesitan modificaciones en sus diseños, se hacen revisando y cambiando manualmente cada elemento, lo que podría significar la dedicación de mucho tiempo en ese proceso. Por otro lado, las aplicaciones BIM (Building Information Modeling) al ser creaciones que simulan elementos reales de la construcción y que contienen la información de cada componente, ubicada en un modelo virtual único, cuando se deben realizar cambios en el diseño, estos son identificados automáticamente, cada modificación se realiza sin necesidad de buscar elemento por elemento. (GRAPHISOFT, 2018)

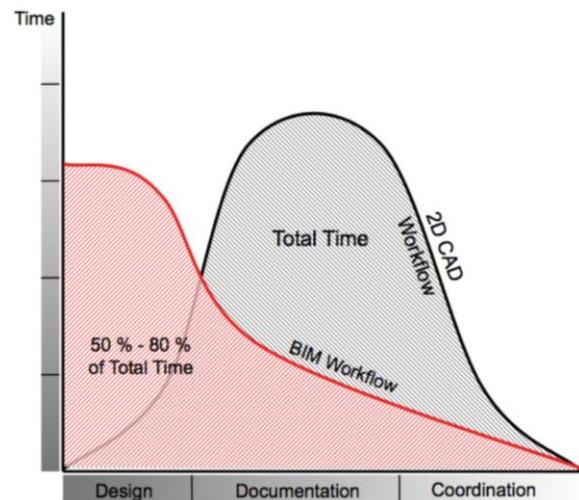


Figura 5. Diferencia entre CAD y BIM. Fuente: (GRAPHISOFT, 2018)

De acuerdo a la figura 5, el tiempo estimado en el uso de BIM en aspectos como documentación es muy bajo comparado al CAD, al igual que en la coordinación del trabajo, esto ya que al presentarse la opción de compartir el proyecto en plataformas que están a disposición de todos los involucrados en el desarrollo de un proyecto constructivo, se aumenta la comunicación entre los colaboradores, teniendo siempre la información actualizada y a tiempo real, sin importar donde se encuentren. BIM viene a representar eficiencia en los procesos y por lo tanto las empresas que cuentan con la implementación de esta metodología tienen mayor probabilidad en ser elegidas para el desarrollo de proyectos.

Herramientas BIM

Aunque existe gran cantidad de herramientas BIM, las cuales en su mayoría contemplan todo el ciclo de vida de un proyecto, desde su conceptualización hasta el mantenimiento del mismo una vez finalizada la construcción, es de interés el conocimiento de aquellas que ofrecen la detección de incongruencias que se presentan al vincular todos los diseños de un proyecto constructivo, antes de que éste sea ejecutado, con el fin de disminuir tiempo y costo al evitar retrocesos constructivos por la identificación temprana de las inconsistencias de diseño.

Revizto

Revizto es una herramienta de coordinación y colaboración BIM, con la cual se pueden detectar y gestionar de una forma sencilla y en tiempo real incidencias que se presentan en la integración de los distintos diseños que conforman un proyecto, tales como arquitectónico, estructural, mecánico, eléctrico y diseño interno. Revizto permite centralizar toda la información de diseño en un único lugar, logrando que todo el equipo de trabajo pueda disponer de un modelo en 3D. La función principal que ofrece Revizto es el poder identificar y gestionar incidencias por parte de todos los colaboradores o involucrados del proyecto, las cuales se pueden observar en 2D o en 3D además grupos de conflictos desde Navisworks. Parte importante del poder gestionar las incidencias es que Revizto permite darle seguimiento a través de cualquier dispositivo. (Revizto, 2012-2018)

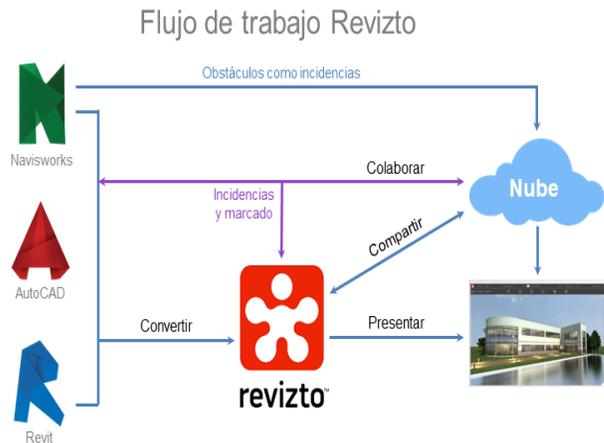


Figura 6. Flujo de trabajo Revizto. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Función: compartir

Revizto ofrece la opción de compartir proyectos BIM ya sea en 2D o 3D con cualquier persona involucrada en el proyecto, mediante Revizto Workspace o bien como un fichero de proyecto autoejecutable. Proyectos en la nube de Revizto pueden ser fácilmente sincronizados entre todos los colaboradores, manteniendo los últimos cambios actualizados automáticamente.

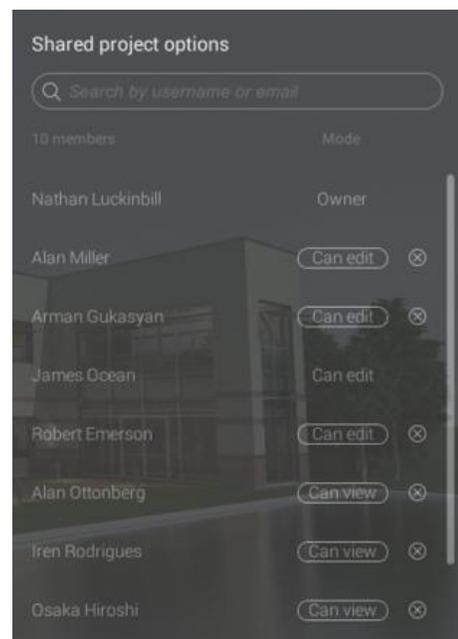


Figura 7. Opción de compartir. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

En la figura 7 se muestra la opción que permite tener un control por parte de la persona que comparte el proyecto en conceder permiso de editar a las personas que se encargan propiamente del modelamiento, las personas que no cuentan con este permiso igualmente pueden ser observadoras del avance en el modelo. Esta opción sirve para evitar que por error o sin autorización se realicen cambios en dicho modelo.

Se pueden compartir hojas 2D desde el lugar donde se están trabajando los modelos, como por ejemplo AutoCAD, Revit, Navisworks. Es de gran utilidad en caso de querer hacer aclaraciones del modelo con planos que se encuentren en esos formatos, que deban ser del conocimiento de todos los integrantes del proyecto.

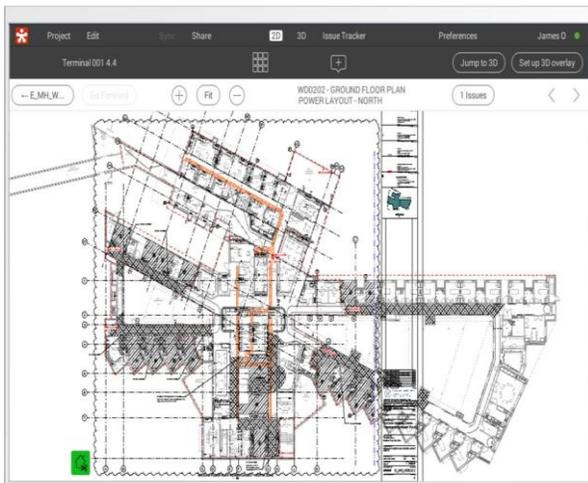


Figura 8. Hojas 2D. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Se tiene la opción de unir los distintos modelos que conforman un proyecto, con la finalidad de dar una representación más real de lo que será el proyecto una vez terminado. De ser necesario, se pueden ocultar modelos por ejemplo el de acabados, el mecánico y el eléctrico para visualizar zonas de interés en la parte estructural y arquitectónica. En la nube de Revizto se pueden sincronizar varias versiones de un proyecto, de las cuales se puede abrir una y seguir trabajando en ella como si fuera la versión actual.

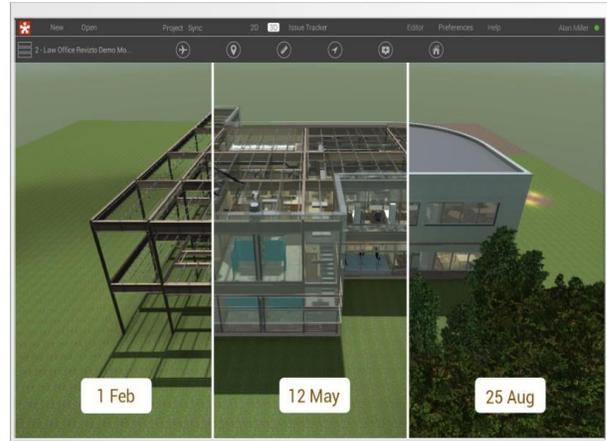


Figura 9. Control de versiones. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Revizto ofrece la ventaja de poder trabajar con gran cantidad de aplicaciones, lo cual facilita que muchas empresas puedan utilizar su implementación sin necesidad de cambiar totalmente su método de trabajo. Los softwares son los que se muestran en la siguiente figura.

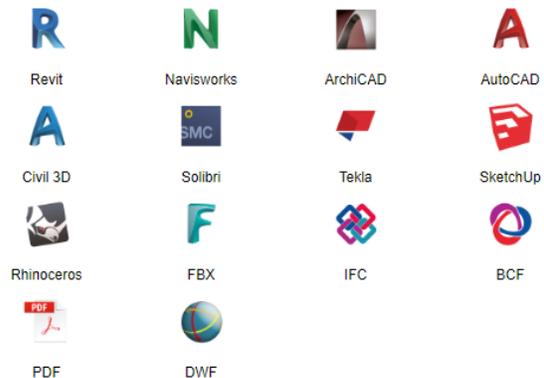


Figura 10. Vínculo con Revizto. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Función: presentar

Revizto ofrece una interfaz que posibilita que principiantes puedan trabajar fácilmente en él en cuestión de minutos sin necesidad de inducciones largas, en el caso del modelo 3D presenta varias opciones para navegar, para mayor comodidad del usuario, las opciones van desde modo Juego, Revit, SketchUp, Híbrido y Navisworks Paseo. También permite seleccionar el grado de sensibilidad en el puntero y en el teclado. A continuación se muestran dichas opciones:

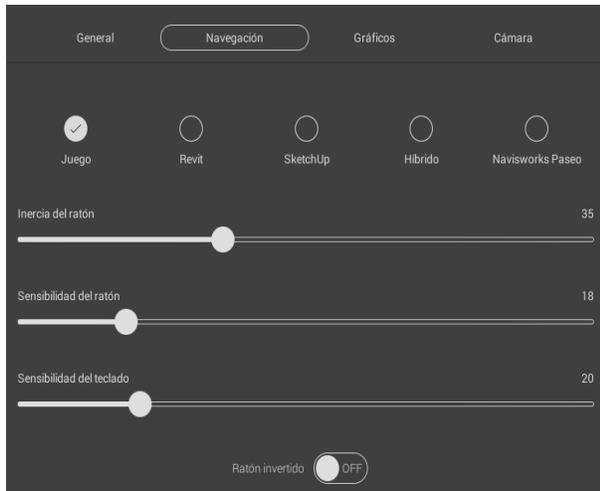


Figura 11. Opciones de Navegación. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Se puede personalizar el lenguaje preferido de la interfaz de usuario y la unidad de medida lo cual

agiliza el trabajo en el software. A través de la navegación en el modelo 3D, se puede visualizar gran cantidad de aspectos de diseño, con solo posicionarse sobre un elemento del modelo se puede tener a disposición desde el nombre, materiales, áreas, volúmenes, longitudes, categorías y muchas otras propiedades.

En la figura 12 se observa un modelo en 3D y la sección marcada en celeste es sobre la que se requiere conocer detalles; al clicar sobre él se abre una ventana al lado izquierdo con varias pestañas de información. Se presenta como una opción innovadora la cual permite que tanto los encargados de dicha área puedan verificar que todo está de acuerdo al diseño, así a como otros miembros del modelo pueden enterarse de una forma más fácil de los requerimientos del proyecto.

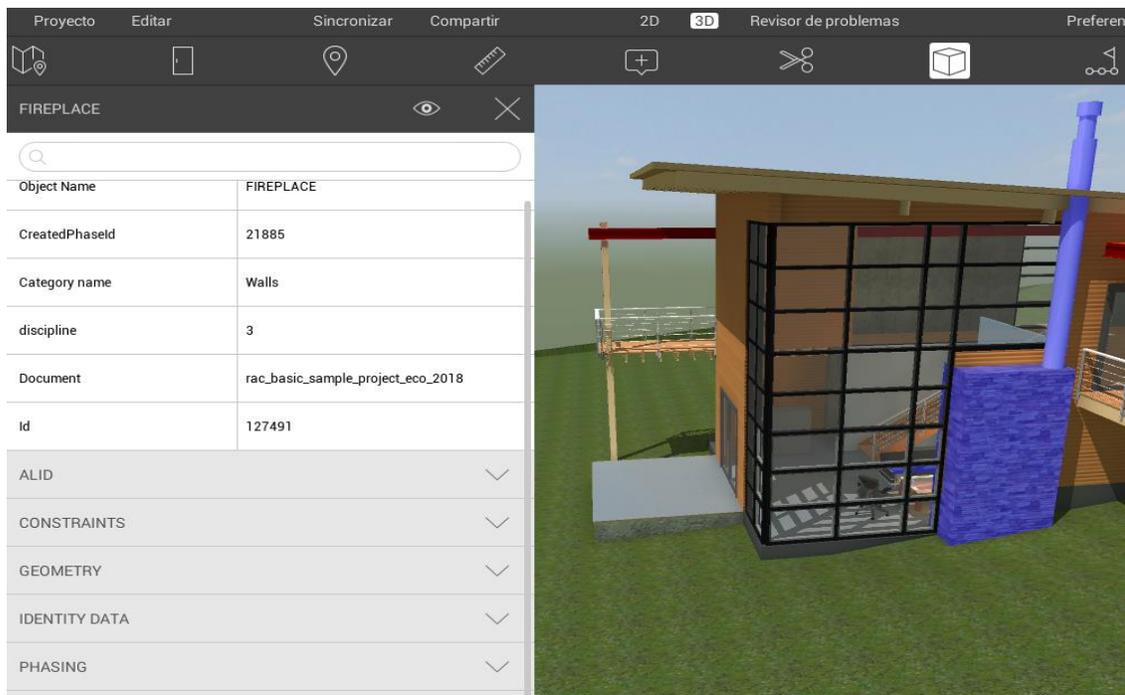


Figura 12. Información de modelo. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Revizto cuenta con una opción de *Puntos de Vista*, la cual sirve en gran medida cuando se desarrollan proyectos muy grandes y se cuenta con poco tiempo para navegar por todo el modelo, cuando se busca un punto en específico se puede guardar la vista actual con un nombre, para que con un solo clic sin necesidad de buscar detalladamente pueda ser ubicado el mismo lugar.

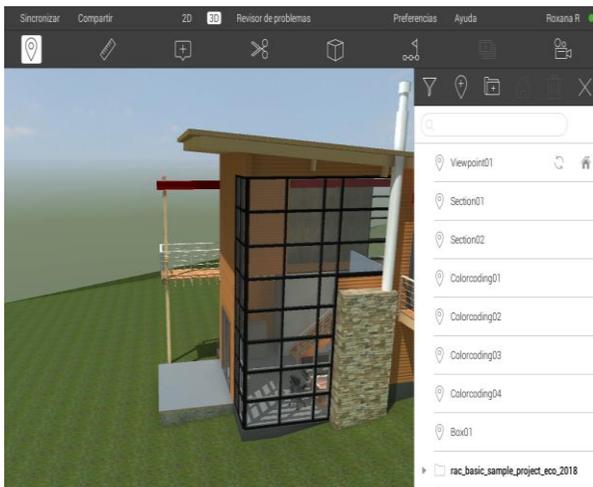


Figura 13. Puntos de vista. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Otra opción que se presenta es el de poder determinar la ubicación en un mapa 2D sobre el lugar en el que se está navegando en el modelo, por el contrario si rápidamente se requiere ubicar en otro sitio, de la misma forma se puede lograr. El mapa muestra los ejes de los planos, lo que facilita una mejor ubicación.



Figura 14. Mapa 2D. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Revizto ofrece comodidad al usuario en temas de apreciación del modelo, en aquellos proyectos que involucran muchos niveles en su diseño, es más fácil ocultar ciertas secciones para visualizar adecuadamente otras. También de ser necesario, se pueden ocultar elementos específicos del modelo que interfieran para obtener una vista más clara.



Figura 15. Cortes de sección en plano. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

En la figura 15 se observa el tipo de corte de sección en plano, este puede ser en forma horizontal o bien de manera vertical, es necesario indicar el punto de partida. Otro tipo de corte de sección es en caja, donde se puede seleccionar un volumen del modelo y a partir de ese punto de referencia, se puede extender o disminuir la sección que se quiere observar.

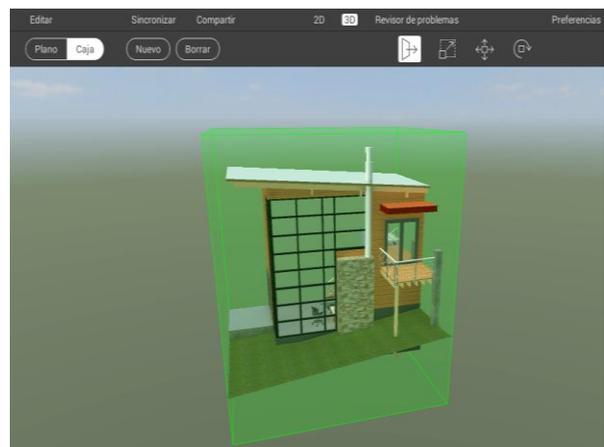


Figura 16. Cortes de sección en caja. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Cuando se quiera ver el modelo completo pero sin algunos elementos en general, como por ejemplo tuberías, barandas, ventanas, entre otros, se presenta la opción de ocultar objetos, de manera que puedan volver a aparecer con un solo clic.

En la figura 17 se presentan dos opciones, ocultar el objeto o volverlo

semitransparente, para el caso del modelo, los elementos de las paredes se muestran semitransparentes, lo que permite visualizar los elementos que se encuentran detrás de éstas pero manteniendo una pequeña guía de la sección que ocupan las paredes.

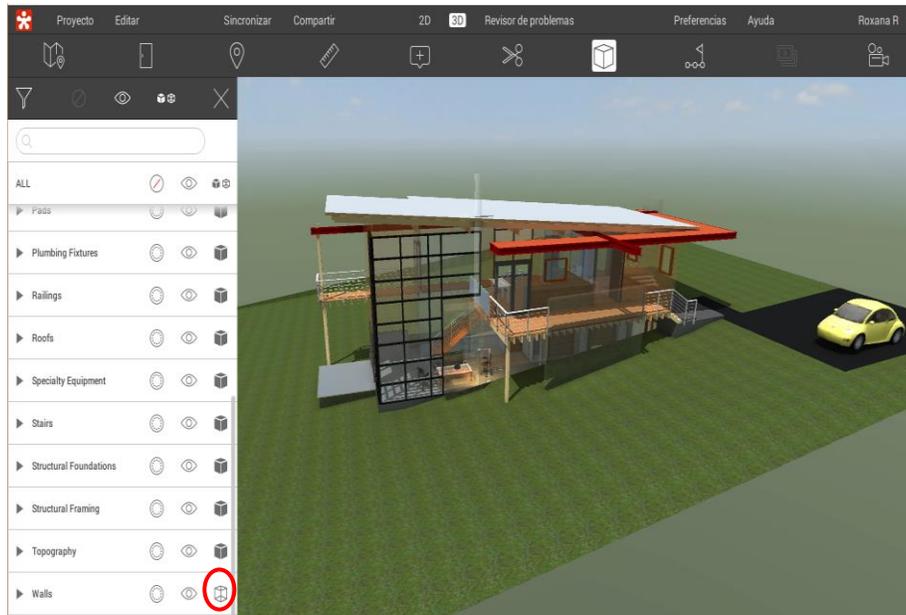


Figura 17. Ocultar objetos. Fuente: (Revit, 2012-2018).

Una herramienta de gran ayuda que ofrece Revit en los modelos 3D es el de *Regla*, esta función permite medir distancias que estén completamente en línea recta o bien eligiendo el punto inicial y final.



Figura 18. Regla. Fuente: (Revit, 2012-2018).

Además de las opciones ya mencionadas sobre la presentación del modelo 3D, Revit cuenta con un soporte para mostrar el proyecto en realidad virtual, para lo cual no es necesario la instalación de otro tipo de software.

De ser necesario, Revit ofrece la herramienta de *cámara compartida*, en caso de realizar presentaciones a usuarios del software en tiempo real, de manera que puedan visualizar las acciones en la pantalla para una comprensión mayor, beneficiando el trabajo colaborativo.

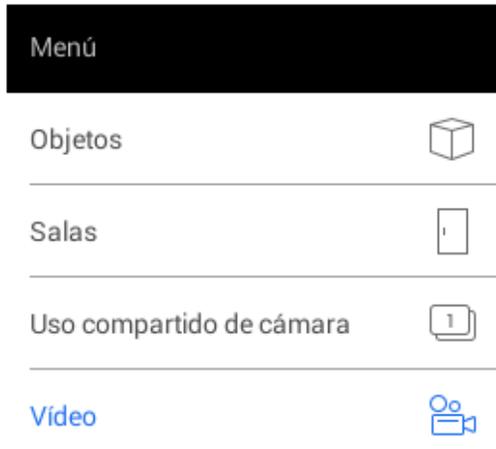


Figura 19. Opción video. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

La opción de video que ofrece Revizto permite grabar escenas del proyecto incluyendo notas de voz, de manera que pueda ser exportado (con extensión MOV o AVI) seleccionando la calidad requerida o bien compartido con los demás usuarios del proyecto, sincronizándolo en la nube.

Función: colaborar

Revizto permite poder darle seguimiento al proyecto de interés, gestionando la identificación de incidencias de manera inmediata, lo cual permite actuar a tiempo para dar solución a las incongruencias. Se cuenta con una interfaz donde se notifican las incongruencias, indicando al usuario la persona asignada y observadores de la incidencia, para que no pierdan detalle del estado de la incongruencia.

Revizto admite la importación de incongruencias detectadas desde Navisworks, para ser gestionadas en Revizto Issue Tracker de manera sencilla, donde se puede trabajar sin necesidad de conexión a internet, para darle seguimiento desde cualquier lugar y con cualquier dispositivo, la sincronización se dará una vez se tenga conexión. Se permite agregar imágenes y documentos en formato PDF como aclaración o respuesta a las incidencias detectadas, de manera que permita a las personas encargadas de resolver las incongruencias en el modelo tener mayor claridad en las respuestas.

En Revizto se pueden mantener controles de las incidencias presentadas durante ciertos periodos, con la creación de informes donde se incluyen las incidencias presentadas, teniendo la opción de personalizar el informe, ya sea por categoría de información, por formato (PDF o Excel), a las personas que sea necesario enviar, y se puede determinar la fecha y frecuencia en la que automáticamente se enviará el informe.

Cuando se presenta gran cantidad de incidencias en un proyecto, se puede recurrir a la opción de filtros para encontrar una incidencia, de acuerdo a la etiqueta añadida a cada una.

Revizto Issue Tracker está completamente integrado con

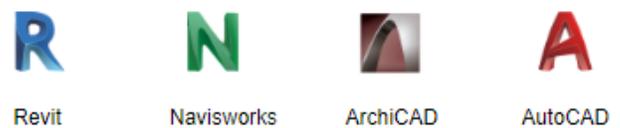


Figura 20. Vinculación con Revizto. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

BIM 360

BIM 360 es un software que fortalece el desarrollo de un proyecto, tomando en cuenta “desde la colaboración de diseño, documentación y revisiones, hasta la pre construcción, pasando por la calidad y la seguridad de las operaciones” (AUTODESK BIM 360, 2018). Las personas involucradas en el proyecto pueden ejercer un trabajo colaborativo al tener siempre al día con un servicio en la nube la información necesaria para el desarrollo de su trabajo, aumentando la coordinación en los flujos de trabajo.

BIM 360 permite administrar todo el ciclo de vida de un proyecto, tomando en consideración los procesos que se describen a continuación tomados de AUTODESK BIM 360 (2018).

Trabajo compartido controlado

Desde Revit se puede compartir el trabajo a colaboradores del proyecto autorizando que los modelos de Revit sean compartidos en la nube a personas que deban recibir ese tipo de información, de manera que el usuario reciba la

información que le corresponda de acuerdo al área en el que se desempeña. Se busca centralizar toda la información del proyecto en un solo lugar, para que los miembros aumenten el trabajo coordinado y sean partícipes del proceso BIM.

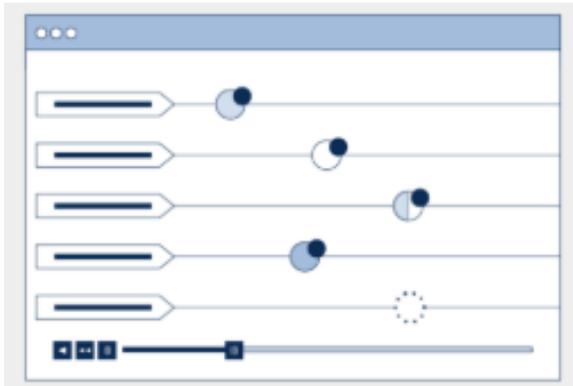


Figura 21. Carriles de natación. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

El software ofrece una herramienta que simula los carriles de natación, en los cuales los usuarios pueden darle seguimiento al progreso de varias actividades en una línea de tiempo desarrolladas en el proyecto, para que desde cualquier lugar puedan conocer el avance presentado.

Revisión de diseño

Se cuenta con la opción de realizar marcas y comentarios, los cuales pueden ser publicados y compartidos para que los demás miembros puedan mantenerse informados de cualquier aclaración importante sobre el proyecto. Se tiene acceso a planos de diseño, donde de ser necesario se hacen anotaciones o la utilización de herramientas para tomar medidas, las cuales pueden ser realizadas desde cualquier lugar.

Coordinación BIM

Se pueden automatizar los procesos de coordinación BIM para agilizar la identificación y resolución de problemas entre disciplinas, buscando que todos los involucrados del diseño y ejecución de un proyecto puedan colaborar en la

solución, manteniéndose actualizados en cuanto a los cambios que se puedan presentar.

Este software ayuda a que la comparación entre versiones sea aún más eficiente para conocer si nuevas versiones afectará o no trabajos que se encuentren en proceso.

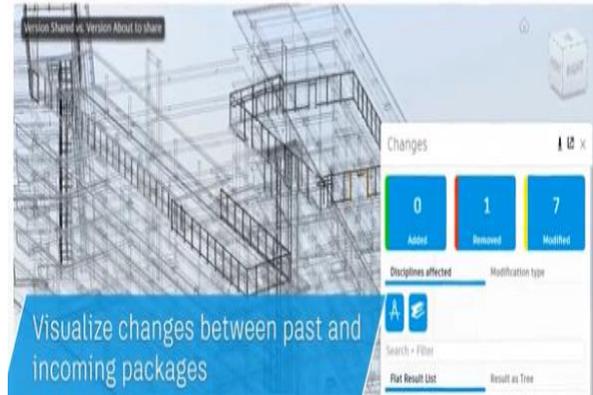


Figura 22. Cambios en versiones. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

En la figura 22 se observa la forma en la que se presentan los cambios entre versiones, de manera que los colaboradores pueden distinguir de una forma práctica los cambios agregados, los eliminados y las modificaciones, además indica las disciplinas afectadas, de esta forma los usuarios se mantienen totalmente actualizados e informados.

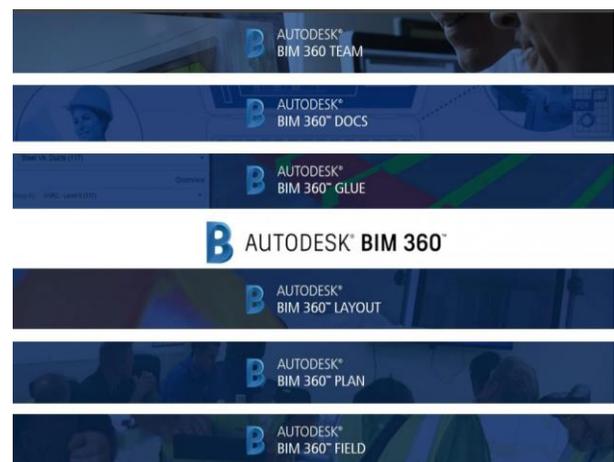


Figura 23. Productos BIM 360. Fuente: (Profile Consulting Group, 2017)

BIM 360 involucra varias aplicaciones, de las cuales cada una cumple con varias funciones que

ayudan a darle seguimiento al ciclo de vida de un proyecto.

BIM 360 TEAM

Permite que los integrantes del proyecto tengan acceso a la información de diseño desde un único lugar, evitando la confusión en cuanto a las distintas versiones que se pueden presentar en un diseño por lo tanto es útil centralizar la información actualizada para que los colaboradores trabajen de manera más fluida.

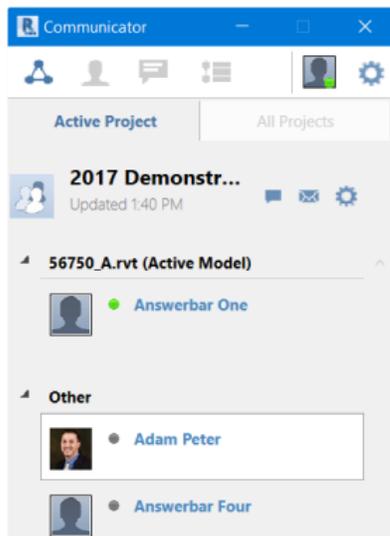


Figura 24. BIM 360 TEAM. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

En la figura 24 se muestra una sección en la que se permite que los colaboradores del proyecto tengan un flujo de comunicación, siendo posible enviar mensajes o correos a los demás integrantes, observar notificaciones y se permite el envío de capturas de pantalla, imágenes y archivos desde el mismo lugar. En la misma ventana se puede dar seguimiento a las sincronizaciones en el modelo, quedando como registro para que todos los colaboradores estén informados de que se han realizado cambios.

BIM 360 DOCS

Con esta aplicación es posible almacenar toda la información del proyecto, desde archivos de tipo Office, DWG, PDF, fichas técnicas, normas, entre

otros, permitiendo “publicar, administrar, revisar, marcar y aprobar todos los planes de proyectos, modelos y documentos.” (Profile Consulting Group, 2017).

Esta aplicación se puede utilizar durante todo el ciclo de vida del proyecto, comprendiendo la pre construcción, construcción, entrega y puesta en marcha, teniendo acceso desde la oficina o dispositivos móviles con sistema IOS y Android.

Un concepto importante que involucra esta aplicación es el de *visualizar*, permitiendo ver el modelo en 2D y 3D, teniendo acceso a las propiedades del mismo.

Al realizar marcas en los planos se puede tener un manejo de los conflictos, asignando éstos a un colaborador del proyecto, quién podrá tener acceso a todos los detalles del conflicto con el fin de que pueda buscar su respectiva solución.

BIM 360 GLUE

Una de las funciones más importantes que presenta esta aplicación es la detección de interferencias en el modelo, con la cual todos los usuarios pueden estar informados y ayudar en la resolución de los mismos. La aplicación se enfoca en las fases de pre construcción y construcción permitiendo la identificación temprana de las inconsistencias en el diseño, dándole seguimiento en la etapa de construcción.

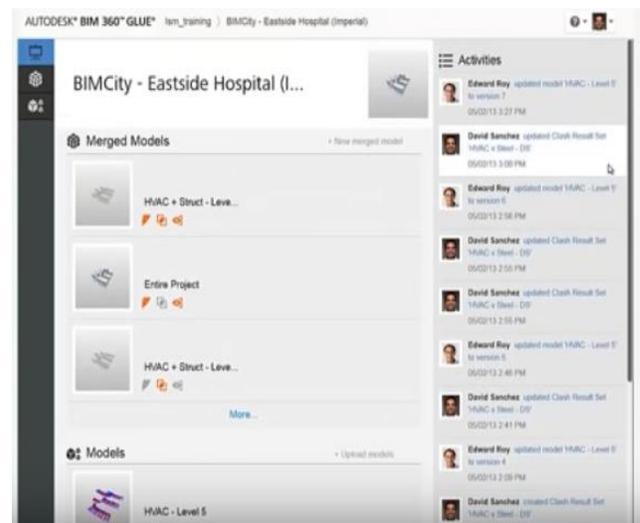


Figura 25. BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

BIM 360 GLUE presenta una vista de los modelos que se comparten con el grupo de trabajo, de la misma forma se tiene control en cuanto a las actividades de cada miembro, para que todo el grupo de trabajo se mantenga informado de las actualizaciones o cambios que se han ido realizando desde un mismo lugar.

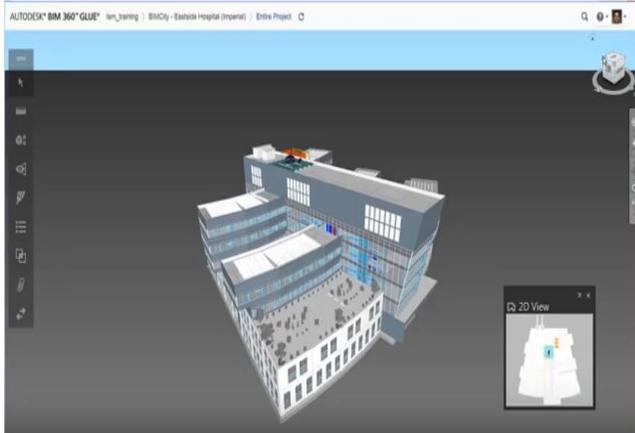


Figura 26. Modelo en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

BIM 360 GLUE ofrece una fácil navegación en un modelo 3D, permitiendo observar al mismo tiempo la posición en un mapa 2D para una mejor ubicación dentro del proyecto.

Es más sencilla la navegación utilizando el cubo que se encuentra en la parte superior

derecha, con el cual se puede rotar o mover el modelo sin complicaciones.

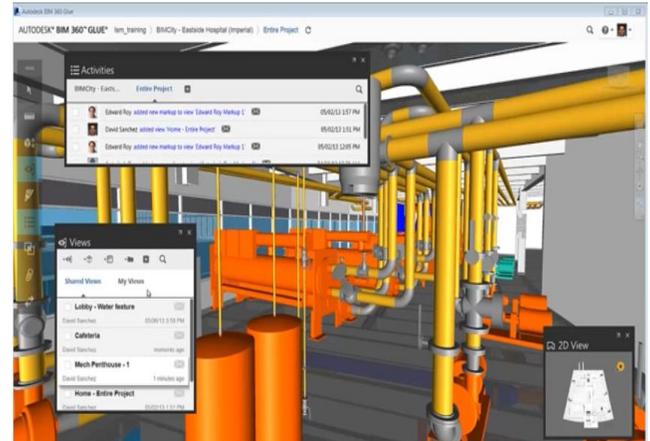


Figura 27. Navegación en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

En el modelo 3D del proyecto se pueden tener varias ventanas abiertas, como la ventana de actividades realizadas por otros colaboradores del proyecto y la de vistas compartidas, en las que con solo un clic se pueden ver inmediatamente secciones del proyecto en específico además de aquellas vistas que pueden ser guardadas por cada usuario, contribuyendo a un trabajo más organizado.

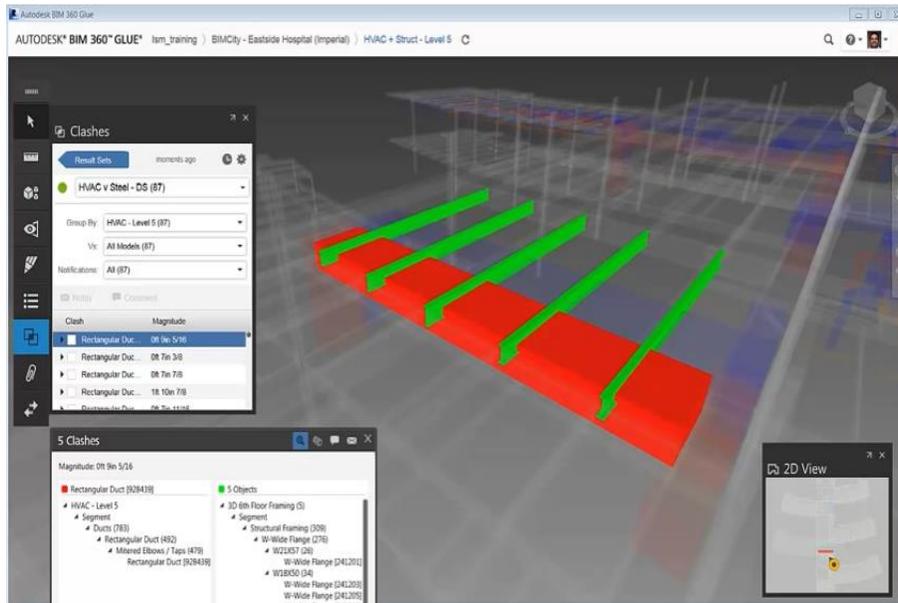


Figura 28. Choques en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

En la figura 28 se muestra la forma en la que se presentan los choques entre disciplinas, se puede realizar detección de choques como si fuera un Navisworks, seleccionando disciplinas en análisis y eligiendo el nivel en el proyecto en el cual se quieran observar interferencias, de esta forma se muestra la lista de choques, en las que posicionándose sobre cada choque de la lista se puede ver en el modelo 3D la ubicación del mismo y en una ventana distinta, información relacionada a las disciplinas en conflicto.

En la misma lista donde se presentan los choques entre disciplinas, se puede marcar una o varias inconsistencias y notificar a los miembros que se crea conveniente para atender el problema presentado y buscar una solución pronta. También se cuenta con la opción de realizar comentarios sobre el problema identificado, para que las personas que sean observadoras del conflicto puedan darle seguimiento de acuerdo a indicaciones o sugerencias de los encargados.

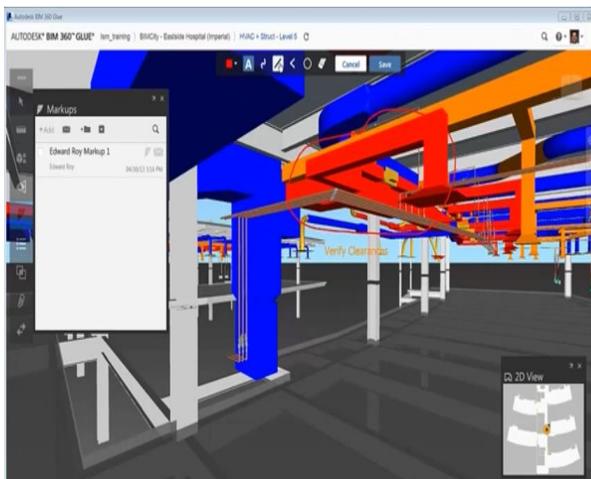


Figura 29. Marcas en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

Cuenta con la herramienta para realizar marcas en el modelo, con el fin de que los demás usuarios puedan observar algún detalle en específico, también se puede insertar texto. Una vez realizada la marca queda registrado en el modelo 3D quién fue el responsable.



Figura 30. Medidas en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

Otra herramienta de gran utilidad es el de poder realizar medidas en el modelo 3D, ya sean medidas en línea recta o de manera que se seleccione el punto inicial o final entre elementos.

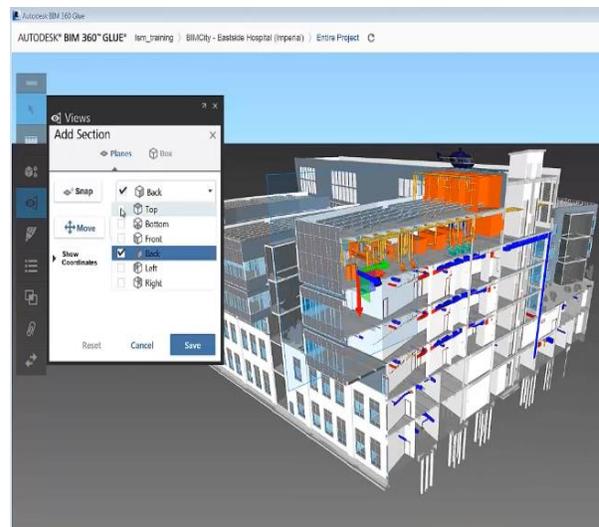


Figura 31. Cortes en BIM 360 GLUE. Fuente: Autodesk Building Solutions (2013).

Para una mejor interpretación del modelo, se pueden obtener distintas vistas, se tiene la herramienta para realizar cortes, ya sea en forma de plano o de caja, de acuerdo a la necesidad de visualización. Las opciones que ofrece esta herramienta permiten que el usuario pueda manipular de manera sencilla el modelo.

BIM 360 GLUE permite que al navegar por el modelo en 3D se puedan seleccionar elementos y observar sus propiedades, tales como geometría, materiales, nombre, entre otras.

De ser necesario se pueden apagar disciplinas para una visualización más clara de algunos elementos o mantenerlas como transparentes, de manera que se tenga idea de la ubicación de la disciplina pero sin que interfiera con las demás.

BIM 360 LAYOUT

Esta aplicación cumple una función importante para asegurar que los trazos en procesos constructivos se realicen con mayor precisión, procurando que el proyecto se desarrolle de acuerdo a las medidas indicadas en planos sin considerar el incremento o disminución en las cotas por errores en la lectura manual de los instrumentos utilizados para el trazado.

Por medio de las aplicaciones de Navisworks, Revit y Autocad se instala un Plug-in llamado Point Layout el cual permite que se puedan llevar las coordenadas en modelo digital al lugar de la construcción, BIM 360 transmite las coordenadas al dispositivo Estación Total, el cual coloca esas coordenadas en el sitio de trabajo, permitiendo realizar trazos en menor tiempo y con mayor precisión. Además BIM 360 LAYOUT ofrece la opción de verificar que esos puntos corresponden a las cotas indicadas en planos visualizándolos en el modelo BIM. (Juan Carlos Guardia, 2017)

BIM 360 PLAN

Es una aplicación que permite realizar la planificación de tareas y actividades relacionadas al proceso constructivo, de manera similar al Project, pero en la nube.

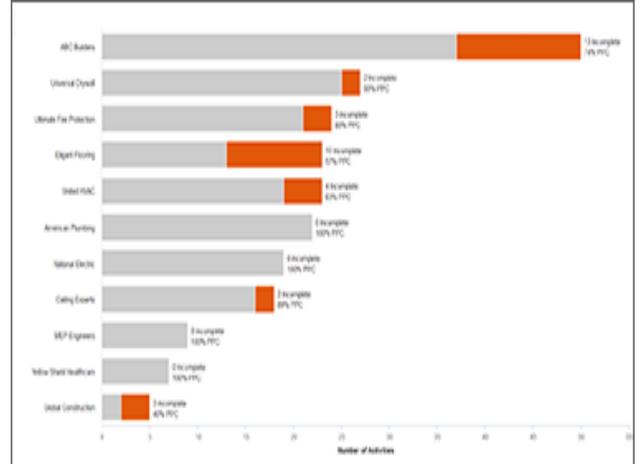


Figura 32. Planificación de tareas en BIM 360 PLAN. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

Las tareas se pueden asignar a usuarios en específico, para dar un seguimiento del avance de acuerdo al tiempo en el que deben cumplir con dicha tarea.

BIM 360 FIELD



Figura 33. Interacción de aplicaciones BIM 360 FIELD y GLUE. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

Permite la interacción con BIM 360 GLUE, aportando una función para darle seguimiento a la detección y solución de incongruencias presentadas en el modelo. El software muestra gráficas sobre el estado de las incongruencias, como lo es la cantidad de conflictos abiertos en comparación con los cerrados, los conflictos sin resolver por disciplinas, el tiempo que se tardó en cerrar conflictos y la causa de los conflictos. (Ver figura 34).

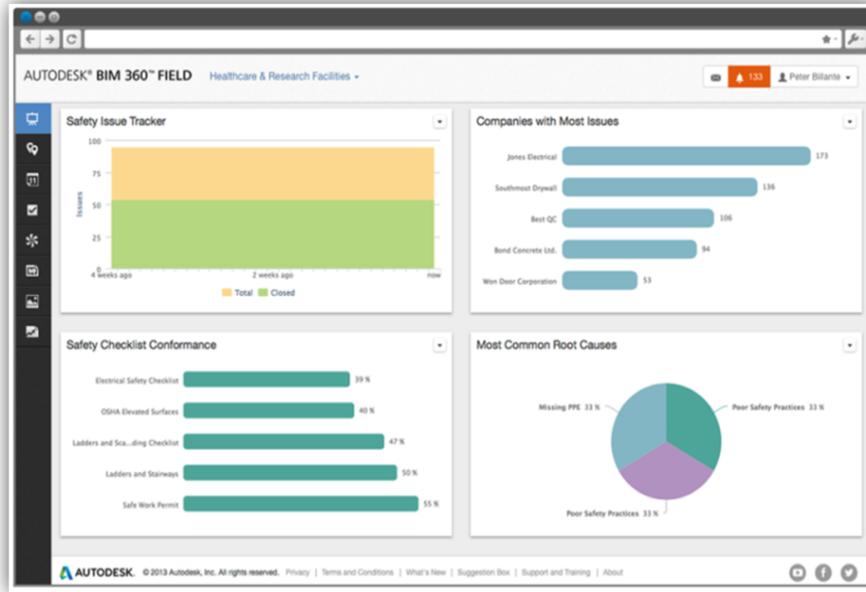


Figura 34. Gráficas de estado de incongruencias BIM 360 FIELD. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

Otra herramienta útil es la generación de reportes, en los cuales se puede indicar por medio de fotos el avance que mantiene el proyecto, los problemas que se presentan y que por lo tanto sean necesarios resolver. Además de anotaciones sobre planos para que sean del conocimiento de todos los usuarios del software.

tareas asignadas a los usuarios, las listas de verificación incluidas sobre procesos constructivos para determinar calidad y seguridad y la información concerniente a las incongruencias.

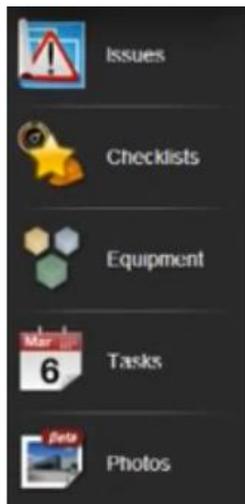


Figura 35. BIM 360 FIELD. Fuente: AUTODESK BIM 360 (2018).

Fácilmente en la interfaz de la aplicación se pueden observar las fotos almacenadas, las

BIMcollab

BIMcollab es una plataforma de gestión de problemas en la nube, siendo una herramienta de colaboración que permite la comunicación sobre los modelos BIM basada en los estándares aceptados de la IFC (Industry Foundation Classes) y BCF (BIM Collaboration Format). (BIMcollab, 2018)

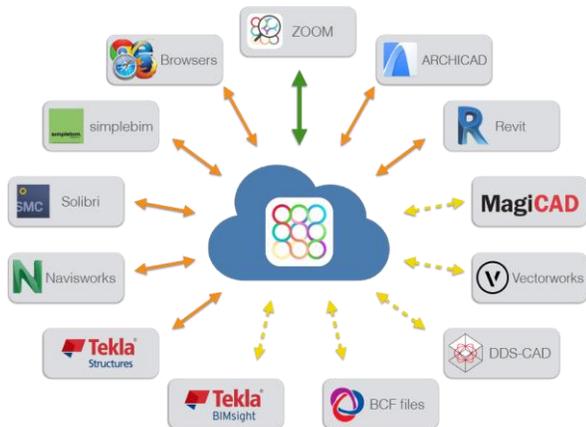


Figura 36. BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

Como se observa en la figura 36, BIMcollab se integra con las principales herramientas BIM tales como Navisworks, Solibri, Tekla Structures, Revit, ARCHICAD, BCF files, entre otras.

Se pueden crear y compartir conflictos con los integrantes del equipo, independientemente de si utilizan las mismas herramientas BIM o bien, las ya indicadas.

El proceso inicia con la verificación de modelos, donde se da la detección de conflictos en el diseño por medio de softwares como Solibri, Navisworks, BIMsight, BIMcollab ZOOM, entre otros; se busca resolver esos conflictos con ayuda de las herramientas de modelado BIM como ARCHICAD, Revit y Tekla Structures. (BIMcollab, 2018)

En la figura 37 se muestra de manera más clara, el tipo de enlace que tienen las herramientas BIM con BIMcollab, observando que con las herramientas BIM más populares sí se tiene una conexión directa, pero por lo general, todas las herramientas mencionadas se conectan por medio de archivos BCF.

Los conflictos mostrados en BIMcollab se encuentran vinculados a posiciones en el modelo, los cuales se puede seguir desde navegadores web o bien desde la misma herramienta.

Lo importante de esta herramienta es que permite gestionar los conflictos de manera estructurada en cuanto a almacenar y compartir los problemas identificados, con la posibilidad de encontrar la información necesaria del proyecto dentro de la misma herramienta, sin necesidad de buscarla en otros sitios.

La función primordial de las herramientas de colaboración BIM, es la facilidad de comunicación entre todos los usuarios del software, con lo cual se logra asignar conflictos a usuarios y establecer fechas límites para que solucionen los problemas. Se presenta la opción de recibir un resumen de actividades diarias o semanales de los conflictos, y la correspondiente notificación por correo electrónico de cualquier cambio presentado en la herramienta, que involucre al usuario. (BIMcollab, 2018)

En la figura 38 se muestra la interfaz que ofrece BIMcollab desde el sitio web, en el cual se presentan gráficas que indican la cantidad de conflictos de acuerdo a su estado: activo, resuelto o cerrado. También la cantidad de conflictos de acuerdo a la fase a la que corresponde: diseño, ingeniería, construcción.

Además se puede observar detalladamente lo que sucede con los conflictos ya identificados. A los conflictos se les asigna numeración para facilidad en su seguimiento, la descripción del conflicto, el estado (editado, cerrado), la persona asignada al conflicto, la actividad realizada en dicho conflicto y la fecha de la actividad, lo que permite que los usuarios que ingresan a la aplicación, estén enterados de cualquier acción realizada por los demás usuarios.

	Conexión en vivo	Archivos BCF
BIMcollab ZOOM	😊	✓
Revit 2014 - 2019	😊	✓
ARCHICAD 19 - 22	😊	✓
Edición ARCHICAD STAR (T) 2016 - 2018	😊	✓
Solibri Model Checker 9.7, 9.8	😊	✓
Navisworks 2015 - 2019	😊	✓
simplebim 6,7	😊	✓
Tekla Structures 21.0 - 2018	😊	✓
Vectorworks		✓
Tekla BIMsight		✓
DDS-CAD MEP		✓
MagiCAD para AutoCAD		✓
Planificador CAD5		✓

Figura 37. Conexiones con BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

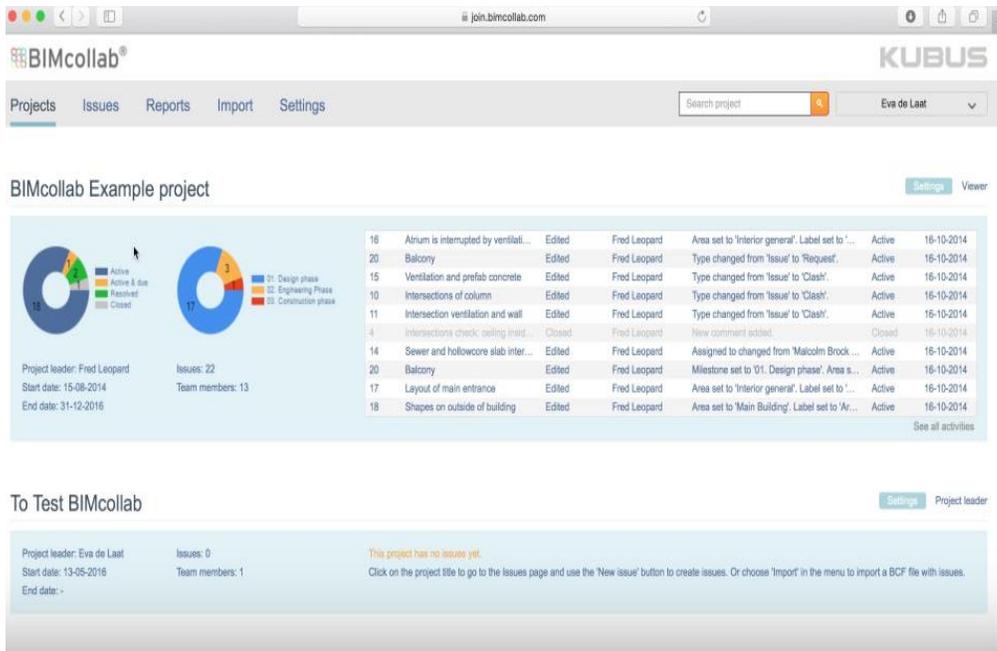


Figura 38. Sitio web BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

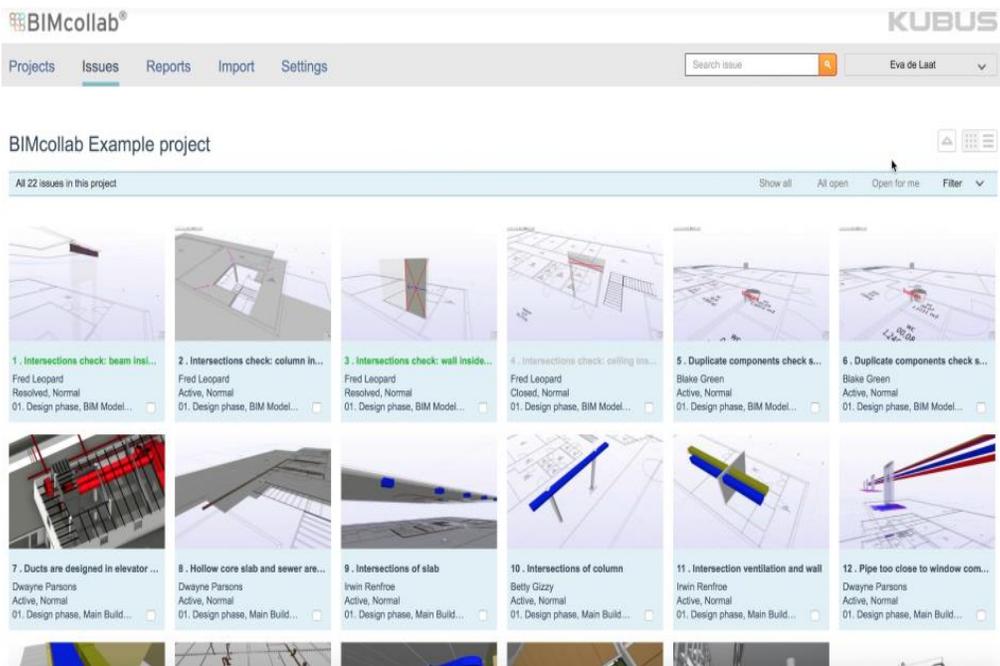


Figura 39. Vista grande de conflictos BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

Snapshot	Nr	Title	Created by	Modified	Assigned to	Area	Milestone	Deadline	Labels	Priority	Type	Status
	1	Intersections check: beam inside wall	Fred Leopard	16-10-2014	Fred Leopard	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Resolved
	2	Intersections check: column inside slab	Fred Leopard	16-10-2014	Fred Leopard	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Active
	3	Intersections check: wall inside wall	Fred Leopard	16-10-2014	Fred Leopard	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Resolved
	4	Intersections check: ceiling inside wall	Fred Leopard	16-10-2014	Fred Leopard	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Closed
	5	Duplicate components check sanitary terminal	Fred Leopard	16-10-2014	Blake Green	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Active
	6	Duplicate components check sanitary terminal	Fred Leopard	16-10-2014	Blake Green	BIM Model protoco.	01. Design phase	30-07-2016	Architecture	Normal	Issue	Active
	7	Ducts are designed in elevator shaft.	Betty Gizzy	16-10-2014	Dwayne Parsons	Main Building	01. Design phase	30-07-2016	Structure, Mechanical	Normal	Clash	Active
	8	Hollow core slab and sewer are clashing.	Fred Leopard	16-10-2014	Dwayne Parsons	Main Building	01. Design phase	30-07-2016	Mechanical, Structure	Normal	Issue	Active
	9	Intersections of slab	Fred Leopard	16-10-2014	Irwin Renfroe	Main Building	01. Design phase	30-07-2016	Architecture, Structure, ...	Normal	Issue	Active
	10	Intersections of column	Fred Leopard	16-10-2014	Betty Gizzy	Main Building	01. Design phase	30-07-2016	Architecture, Structure	Normal	Clash	Active

Figura 40. Vistas en lista de conflictos BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

BIMcollab ofrece dos tipos de vistas para los conflictos, de manera que el usuario puede elegir la que mejor se adapte a su gusto, en la figura 39 se aprecia la vista en cuadros, donde se observa claramente la foto del conflicto, la descripción, la persona asignada y la fase a la que pertenece, en ese tipo de vista, los conflictos se muestran de manera consecutiva.

En la figura 40 se observa el otro tipo de vista, en forma de lista, en la cual se muestra una foto en miniatura del conflicto, el número de conflicto, el nombre de la persona que crea el conflicto, la fecha de modificación, la persona asignada, el área, hito, fecha límite, etiquetas, prioridad, el tipo y el estado del conflicto; la lista se muestra de manera consecutiva.

Al ingresar en la sección de “issues” se logra ver una lista con todas las incongruencias, pero esta lista se muestra de acuerdo a la hora en la que se realizó un cambio, además de la persona responsable del cambio, la acción, la descripción del cambio y una columna para observar los comentarios realizados en cada conflicto.

BIMcollab ofrece la opción de buscar conflictos por medio de filtros, de manera que con un solo clic se puede acceder al conflicto y a toda la información del mismo.

En la figura 41 se muestra la forma en la que se crean nuevos conflictos, de manera sencilla se llenan los espacios en blanco, con información requerida como: título, tipo (problema, falta, choque, solicitud, pregunta, observación), área, hito, etiqueta, prioridad, asignado a, fecha límite, los usuarios a los que se quiere notificar del conflicto, la visibilidad del conflicto, foto, descripción y comentario.

The screenshot shows the BIMcollab web interface for creating a new issue. At the top, there are navigation tabs for 'Projects', 'Issues', 'Reports', 'Import', and 'Settings'. A search bar and a user dropdown menu are also visible. The main content area is titled 'To Test BIMcollab' and contains a form with the following fields:

- Title: Choice of the stairs
- Visible for: All
- Type: Issue (dropdown)
- Area: Not set (dropdown)
- Milestone: Undecided (dropdown)
- Label(s): Select label(s) (text input)
- Priority: Normal (dropdown)
- Assigned to: Eva de Laat (dropdown)
- Deadline: (text input)
- Notify: Select users to notify (text input)
- Description: (text area)

 Below the form is a dark blue section for adding comments and images. It includes an 'Add comment' text area, an 'Image' upload area with a 'Browse' button, and 'Remove' and 'Cancel' buttons. A 'Save' button is located at the bottom right of this section.

Figura 41. Creación de nuevo conflicto BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

The screenshot shows the 'Edit project' form in BIMcollab. The form has a dark blue header with the title 'Edit project'. Below the header are the following fields:

- Project name: To Test BIMcollab
- Description: (text area)
- Active: Active (project can be accessed and edited)
- Issue can be closed by: Project leaders and creator of issue (dropdown)
- Start date: 13-05-2016
- End date: (text input)

 At the bottom of the form are three buttons: 'Upgrade', 'Cancel', and 'Save changes'.

Figura 42. Editar proyecto BIMcollab. Fuente: (BIMcollab, 2018)

Se tiene la opción de proteger la gestión de los conflictos, en la sección de edición de proyecto, donde se puede indicar que los conflictos sean cerrados por: todos, solamente el líder, el líder y el creador del conflicto. De manera que no

cualquier usuario lo pueda hacer, garantizando que la única forma de cerrar un conflicto sea porque se tiene una solución adecuada al conflicto en discusión.

Metodología

A continuación se explica cómo se realizó el trabajo sobre Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del proyecto Santa Ana Country Club, elaborado en la oficina de ingeniería de la empresa Edificar, la cual se ubicaba en el proyecto en análisis Santa Ana Country Club, en Pozos, Santa Ana, San José, Costa Rica.

De acuerdo a cada objetivo planteado para la realización del trabajo, se muestra la forma en la que se procedió para el desarrollo del mismo.

Descripción actual del proyecto

Se solicitó acceso a gran cantidad de información sobre el proyecto Santa Ana Country Club, específicamente planos, con los cuales se pudo dar un mejor reconocimiento del sitio, identificando las áreas por desarrollar, con el fin de obtener las características generales del proyecto.

Fue importante realizar visitas constantes a la construcción para obtener un registro por medio de fotografías del avance que presentaba el proyecto cada semana, considerando que un control en el avance de los procesos constructivos podía facilitar el dar prioridad a la identificación y atención de incongruencias en los modelos 3D.

Análisis de método en Edificar

Por medio de entrevistas e inducciones con profesionales encargados del área BIM de la empresa Edificar, se enfatizó en el método seguido por la empresa para la detección y

atención de incongruencias, dando a conocer los pasos a seguir para el desarrollo del mismo.

Parte del proceso BIM que implementan en Edificar es mediante el uso de un Software llamado Revizto como herramienta BIM, para la detección y atención de incongruencias, un trabajo colaborativo donde los principales involucrados en el proyecto tenían acceso al Software como ingenieros, arquitectos, gerentes y parte del equipo de diseño del proyecto, así como los encargados de realizar el modelo en 3D, quienes conforme desarrollaban el modelo iban detectando y notificando incongruencias. Las incongruencias fueron notificadas directamente en el software o en caso de no tener activa la sesión, mediante correo electrónico con el fin de darle siempre un seguimiento al estado de las incongruencias.

A cada incongruencia se le asignaba una persona encargada según el área a la que correspondía, una prioridad que representaba la urgencia en ser atendida, el estado que indicaba la condición actual de la incongruencia, etiqueta lo cual facilitaba el uso de filtros para agrupar las incongruencias de acuerdo al área que pertenecía o alguna característica que hiciera fácil ubicarla, entre otros aspectos. De esa forma se podía llevar un control de las incongruencias a las que había que darle prioridad para agilizar su respectiva solución con los encargados; debido a la gran cantidad de incongruencias que se presentaron, el uso de filtros en el software fue fundamental para analizar de una manera más específica las incongruencias.

Luego fue necesario mantener una constante coordinación de reuniones con arquitectos, ingenieros y encargados de la construcción con el fin de atender las incongruencias, semanalmente se realizaron reuniones con aquellas personas que no se presentaban diariamente en la construcción, los casos en los que fue difícil el programar una reunión se atendía mediante correo electrónico y si la persona a consultar se mantenía en el

proyecto, las consultas se daban en el momento oportuno según el orden en que se fueran analizando las incongruencias.

Mediante la plataforma PROCORE se pudo tener acceso a gran cantidad de información del proyecto, como planos, RFI, Submittals y fotos. En los RFI (solicitud de información) se podía encontrar información de cambios en el diseño que posiblemente no habían sido contemplados por los modeladores, por lo cual era necesario mantener una constante revisión antes de realizar la respectiva consulta con el encargado. Lo mismo con los submittals, documento formal de aprobación de materiales de construcción, ya que además de resolver incongruencias es importante mantener un modelo con información actualizada.



Figura 43. Herramientas de PROCORE. Fuente: Pantallazo interfaz PROCORE.

La interpretación de planos fue necesaria durante todo el proceso, trazando o indicando en los planos los cambios realizados en la construcción, reportados por personas asignadas a la incongruencia o bien lo que mediante visitas al proyecto se podía detectar, con el objetivo de facilitarle a los modeladores poder realizar la modificación. También mediante fotografías se reportaron los respectivos cambios en el software Revizto.

Lo que se esperaba con la utilización de la herramienta BIM *Revizto* era dar solución pronta a las incongruencias detectadas, por lo tanto semanalmente se mantuvo un registro del estado de las incongruencias, con ayuda del sitio web de Revizto, donde se indicaba gráficamente la cantidad de incidencias por persona o área al que correspondía y por lo tanto, se podía observar el avance o cantidad de incidencias que fueron atendidas en cierto tiempo. Se presenta en

el trabajo una lista de las incongruencias que fueron detectadas y atendidas en conjunto como parte del desarrollo del método en Edificar.

Comparación de métodos de detección

Luego de darle un seguimiento al método de la empresa Edificar para la identificación de incongruencias en la integración de los diseños que conforman el proyecto, se procedió a investigar distintas herramientas BIM, buscando establecer aspectos importantes en su uso, lo cual permitió el desarrollo de una comparación entre ellas.

Propuesta de mejoras en uso de herramientas BIM

De acuerdo a la experiencia obtenida en la aplicación del método seguido por la empresa Edificar en el proyecto de Santa Ana Country Club y del estudio de otras herramientas BIM se dieron propuestas de mejoras, con el fin de que puedan ser utilizadas para futuros proyectos, buscando siempre que el proceso de detección y atención de incongruencias sea el más eficiente.

Resultados

Descripción actual del proyecto

El proyecto en construcción Santa Ana Country Club fue analizado para la realización de este trabajo, su ubicación se observa en la siguiente figura, en Santa Ana, en la Ruta 27, frente a la entrada principal del Residencial Villa Real.



Figura 44. Ubicación del proyecto. Fuente: Santa Ana Country Club (SACC), 2018.

El desarrollo del proyecto estuvo a cargo de empresas muy reconocidas en la industria de la construcción como lo es Zürcher Arquitectos, Edificar y Meco. El proyecto consiste en un club social y deportivo, enfocado en la construcción sostenible, convirtiéndose en el primer proyecto constructivo privado en recibir un reconocimiento de Bandera Azul Ecológica (PBAE) Categoría XV: Construcción sostenible, para la etapa de construcción. (Revista Summa, 2018)

El área correspondiente al proyecto es de ocho hectáreas, del cual solo un 10% abarca el terreno destinado para la construcción, el 90% restante será para zonas verdes y de deporte,

donde se planea hacer efectivo un programa de reforestación, con 600 árboles de especies nativas, 2.5 km de senderos y un parque para perros. (Revista Summa, 2018)

El club ofrece 4 piscinas: una semi-olímpica de ocho carriles bajo techo, una recreativa para adultos y dos para niños. Además de canchas de tenis, voleibol de arena y fútbol 5.

Al ser un proyecto de gran magnitud, se dividió en tres secciones: módulo A, módulo B y módulo C; el módulo A consiste en un edificio de tres niveles, empezando en el nivel 907 (-200). El módulo B también consiste en tres niveles pero éste inicia en el nivel 912 (-100) y el módulo C tiene dos niveles iniciando en el nivel 912 (-100).



Figura 45. Proyecto Santa Ana Country Club. Fuente: Santa Ana Country Club (SACC), 2018.



Figura 46. Proyecto Santa Ana Country Club. Fuente: Santa Ana Country Club (SACC), 2018.

Plantas arquitectónicas

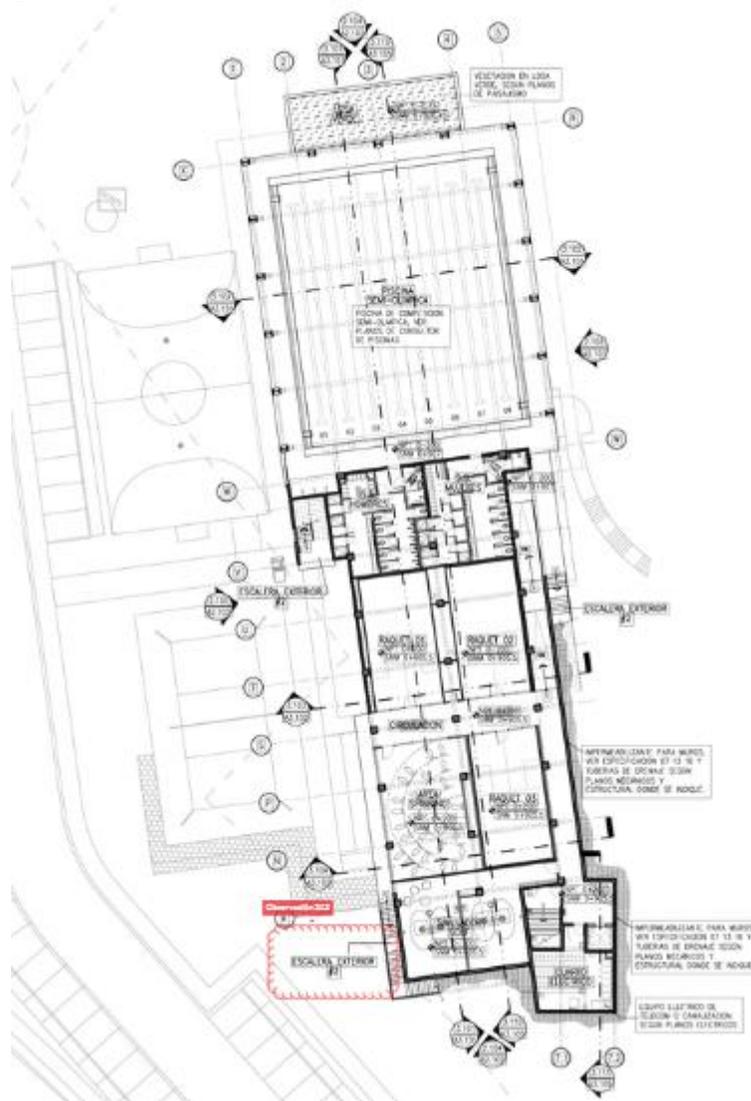


Figura 47. Planta arquitectónica módulo A, nivel 907 (-200). Fuente: EDIFICAR, 2018.

En el módulo A, nivel 907 (-200) se encuentra la piscina semi-olímpica de ocho carriles, además las canchas de squash, área de ciclismo estacional, servicios sanitarios para hombres y mujeres, un simulador de golf de alta definición y un cuarto eléctrico.

En este nivel se completó el proceso constructivo de los muros de mampostería, las paredes livianas en la zona de los baños está completo, faltando las previstas para la instalación eléctrica, la tubería de incendio y los ductos de aire acondicionado en la zona de

servicios sanitarios están al 90%, faltando la colocación de los equipos de aire acondicionado; exactamente en la zona de las canchas de Squash, aún no están las divisiones de cada cancha, ni los ductos de aire acondicionado. Se está iniciando con el resanado de las paredes, las previstas mecánicas están completas.

Se completó el techado en la zona de la piscina y la colocación del cielo raso, incluyendo la instalación del sistema contra incendio.

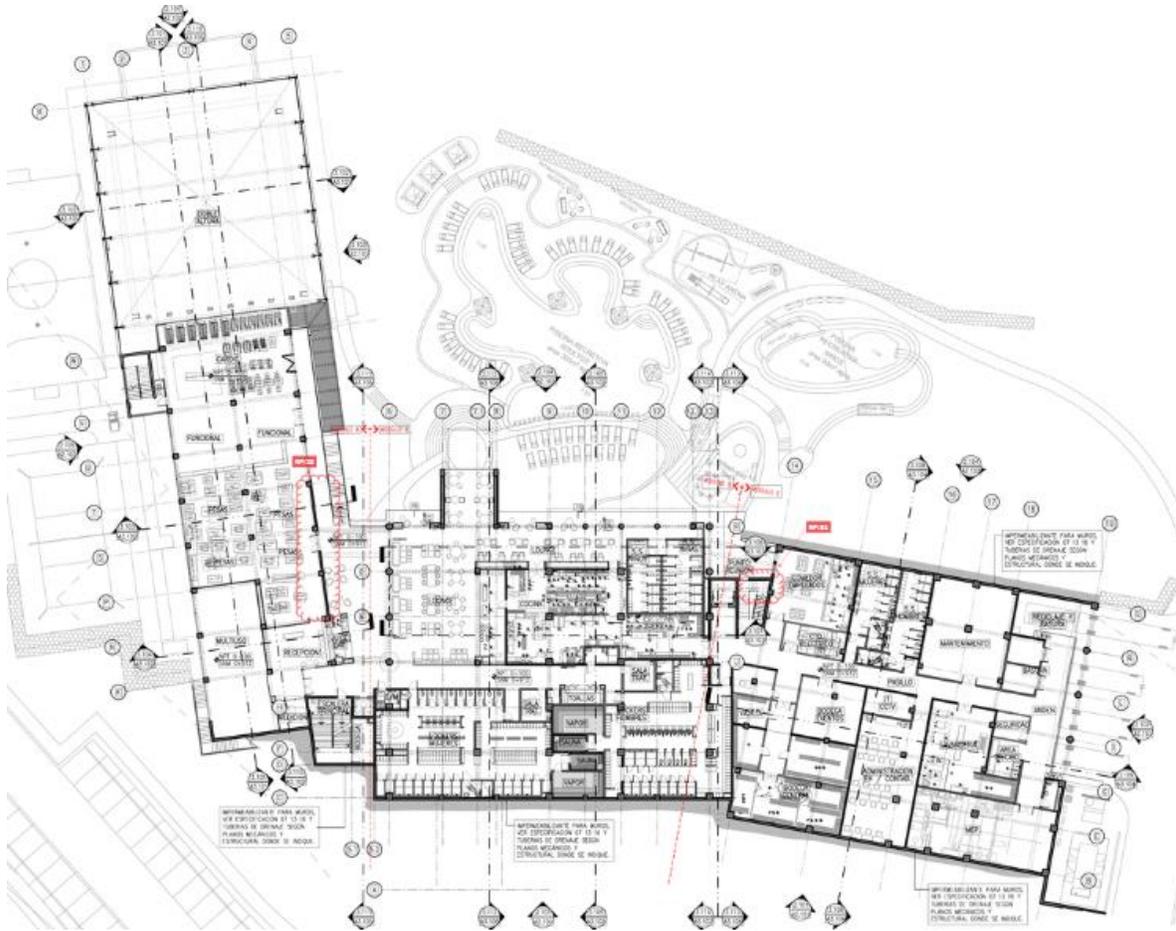


Figura 48. Planta arquitectónica de los tres módulos, nivel 912 (-100). Fuente: EDIFICAR, 2018.

En el nivel 912 (-100) del módulo A se encuentra el gimnasio, la recepción del gimnasio, un multiuso y un juice bar. Esta zona no posee gran cantidad de muros de mampostería, ya que el cerramiento en su mayoría es con ventanas y las divisiones que posee son con paredes livianas, las cuales para el multiuso están completas pero las del juice bar está en proceso, ya que se están colocando las previstas para la instalación eléctrica.

La instalación del sistema contra incendio se encuentra a un 90%, ya que son algunos rociadores los que hacen falta de instalar. El sistema de aire acondicionado se encuentra a un 70%, faltando los equipos principales del sistema y algunas ductos que conectan a otros módulos.

En el módulo B, nivel 912 (-100) se encuentran servicios, duchas y casilleros para hombres y mujeres, servicios sanitarios para

niños, dos saunas, dos baños de vapor, un cuarto de toallas, sala de tratamiento, una cocina y un área para estar.

En el módulo C, nivel 912 (-100) se encuentra el comedor de empleados, un cuarto eléctrico, servicios sanitarios de hombres y mujeres, cuarto de mantenimiento, reciclaje y basura, bodega general, bodega de eventos, vajilla, lavandería y seguridad.

En ambos módulos los muros de mampostería están completos, con su respectivo repello; las previstas mecánicas y eléctricas están completas, las paredes livianas llevan un avance de 60%. El sistema contra incendio se encuentra a un 90%, faltando la colocación de algunos rociadores. Para el sistema de aire acondicionado se lleva un 80% de avance, ya que falta la colocación de los equipos principales del sistema, pero la mayoría de ductos fueron colocados.

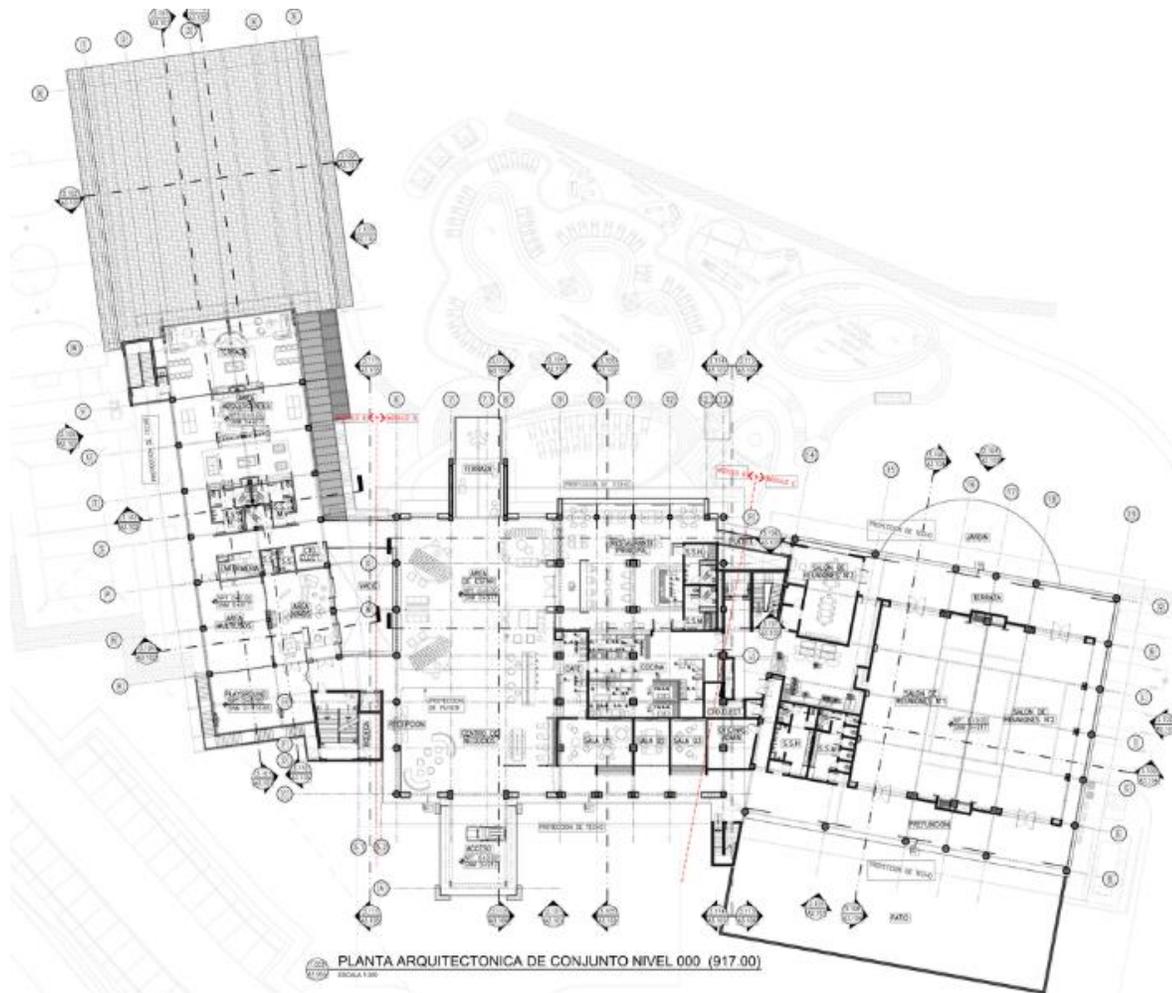


Figura 49. Planta arquitectónica de los tres módulos, nivel 917 (000). Fuente: EDIFICAR, 2018.

En el módulo A, nivel 917 (000) se encuentra un playground, área de niños, área de adolescentes, área multiusos y servicios sanitarios de hombres y mujeres. En esta zona, se completó el techado, en el área del playground y la terraza se inició con la colocación del cielo raso, el proceso constructivo de las paredes livianas estaba llegando al 90%, el sistema contra incendio se encuentra a un 90% de igual forma faltando la colocación de algunos rociadores. El sistema de aire acondicionado aún se encuentra en proceso de colocación. Se tiene un avance de 60% en la pintura de la estructura metálica.

En el módulo B, nivel 917 (000) se encuentra el centro de negocios, tres salas, zona de café, área de estar, el restaurante principal, la cocina y algunos servicios sanitarios. En el

módulo C, nivel 917 (000) se encuentra un cuarto eléctrico, oficinas administrativas y varios salones de reuniones.

En ambos módulos el resanado de las paredes de mampostería se encuentra a un 80%, el avance en la pintura de la estructura metálica es de 90%. La instalación del sistema contra incendios está completa en el módulo B y falta gran parte en el módulo C, llevando aproximadamente un 50% de avance. En cuanto al sistema de aire acondicionado, en el módulo B los ductos han sido colocados pero los equipos aún se encuentran pendientes y en el módulo C, solo un 30% se ha colocado. El techado está completo en el módulo C, por lo tanto ya se inició con la colocación del cielo raso.

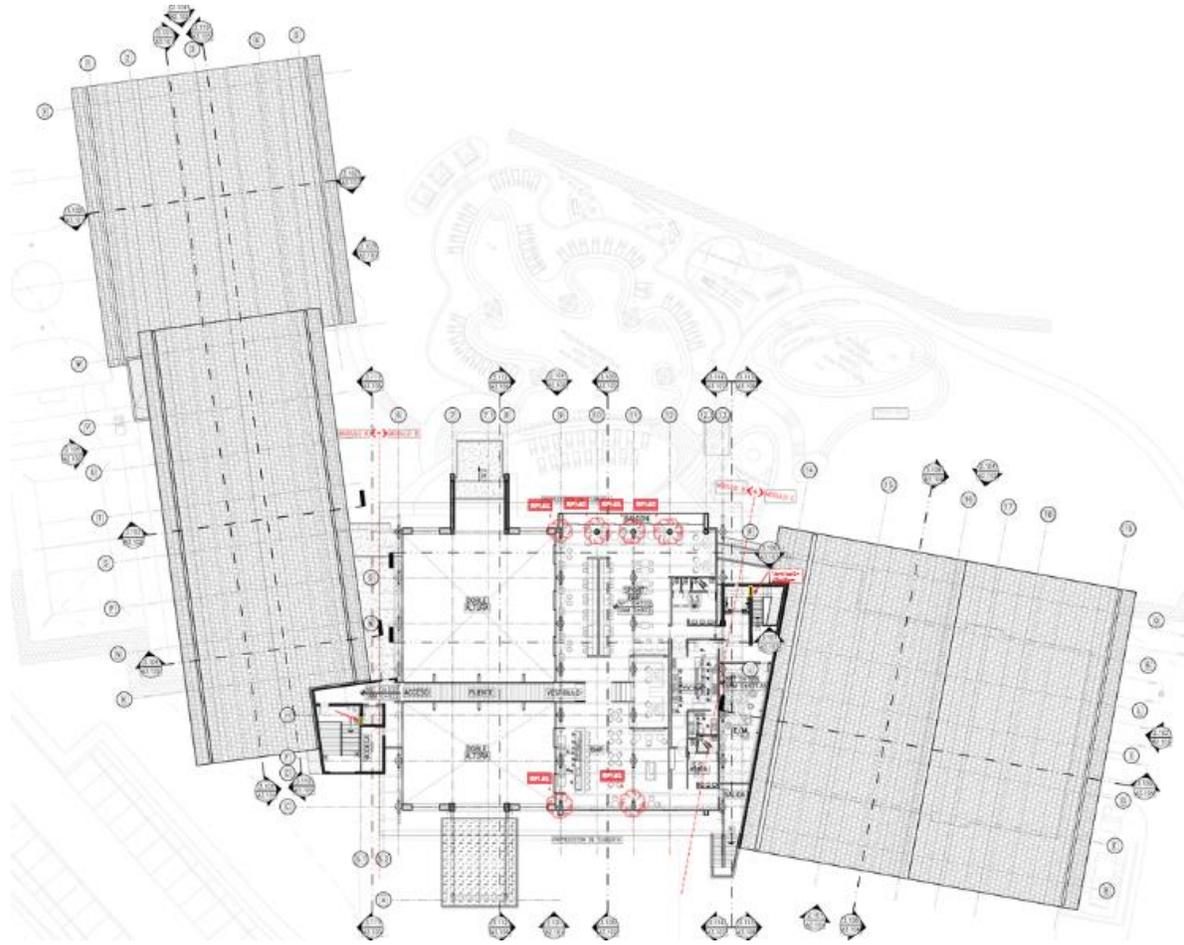


Figura 50. Planta arquitectónica de los tres módulos, nivel 922 (100). Fuente: EDIFICAR, 2018.

En el nivel 922, solo se encuentra parte del módulo B, en el cual se ubicará el sport bar, la cocina y algunos servicios sanitarios.

El techado ya se completó, la pintura en la estructura metálica se encuentra al 50%, las previstas mecánicas ya se encuentran en sitio, se ha iniciado con la instalación de paredes livianas.

La instalación del sistema contra incendios se encuentra a un 60% de avance, aún no se colocan los rociadores. En cuanto al sistema de aire acondicionado ya se colocaron los ductos, faltando los equipos principales del sistema.

De acuerdo al ducto de escaleras del nivel 917 al 922, éste se encuentra colado, por lo que aún se mantiene encofrado y con puntales lo que respecta a la losa que une el ducto y el piso donde se encuentra el sport bar.

Análisis de método en Edificar

La empresa Edificar implementa el uso de una herramienta BIM para identificar, atender y solucionar inconsistencias que se presentan en la integración de los distintos diseños. Se le dio seguimiento en específico al método aplicado en el proyecto Santa Ana Country Club.

Entrevista

Se realizó una entrevista al Ingeniero Pablo Murillo, su puesto en la empresa Edificar es de BIM manager. El ingeniero comentó sobre el proceso de implementación de BIM en la empresa y sobre el método seguido por el equipo de trabajo para la detección y atención de incongruencias en el proyecto Santa Ana Country Club.

Desde el año 2015 en Edificar se empezó a introducir el BIM por medio de pre construcciones virtuales. Se contempla por el momento la parte 3D del BIM, lo cual representa modelos de visualización y coordinación de información.

El proceso en Santa Ana Country Club inició solamente con la entrega de planos, como no había ningún modelo en 3D, el equipo de modelación de Edificar tuvo que crear sus propios modelos en 3D del proyecto. Se siguen esquemas de trabajo, ya que BIM involucra diagramas de información, flujos de trabajo y de acuerdo a la ruta que se planeó seguir, se desenvuelve el proceso en cada proyecto.

Una vez que reciben los planos 2D (DWG), analizan la información y efectúan un plan de ejecución BIM (por sus siglas en inglés BEP), el cual es un documento con especificaciones técnicas del BIM, donde se definen alcances, responsabilidades, cronogramas con las fases, contactos del proyecto y qué rol cumple cada contacto en el proyecto BIM, objetivos, descripción y prioridad, cuáles serían los usos del BIM, se define la frecuencia para realizar reuniones, entre otra información, por lo tanto no todos los proyectos BIM van a ser iguales, en la sección de anexos se encuentra un ejemplo de un BEP.

En el caso de Santa Ana Country Club, no se pudo aplicar a tiempo el BEP, ya que cuando se inició el proceso de modelamiento, la construcción del proyecto ya había iniciado, por lo tanto se siguió un control interno.

Cuando desarrollan los modelos, se llega a un nivel en el que es posible analizarlos, cargan los modelos a programas como Navisworks y Revizto, asegurando que la unión de modelos tenga el mismo punto de origen para que éstos sean coherentes. Los modeladores y coordinadores BIM se encargan de revisar el modelo por medio de herramientas en Navisworks para que se detecten choques, deben revisar la lista que arroja el programa en caso de que se repitan los conflictos. También hacen revisiones visuales para identificar incongruencias.

Las listas arrojadas en Navisworks se sincronizan con Revizto y de esa forma se empiezan a analizar las inconsistencias con los contratistas, diseñadores y constructores. Luego se enlaza Revit con Revizto para que cuando se realice un cambio en un programa se actualice en el otro automáticamente. Luego se corrige el modelo de cada disciplina y se debe revisar el modelo en general para confirmar que esté totalmente corregido, de no estar así, se debe repetir el proceso hasta tener un modelo coordinado. (Murillo, 2018)

Aplicación del método

Mediante el software *Revizto* se da el seguimiento del avance en la modelación del proyecto Santa Ana Country Club, en el cual colaboradores pueden visualizar un modelo en 3D del proyecto, incluyendo todas las disciplinas, desde el diseño estructural hasta los acabados.



Figura 51. Modelo 3D del proyecto. Fuente: Pantallazo Revizto.

Conforme iban modelando, identificaban inconsistencias en el diseño, en la figura 52 se aprecia la interfaz de Revizto donde se notificaron las incongruencias del proyecto y las cuales fueron necesarias atender y en la figura 53 de la misma forma se presentan las notificaciones que se realizaban por medio de correo electrónico.

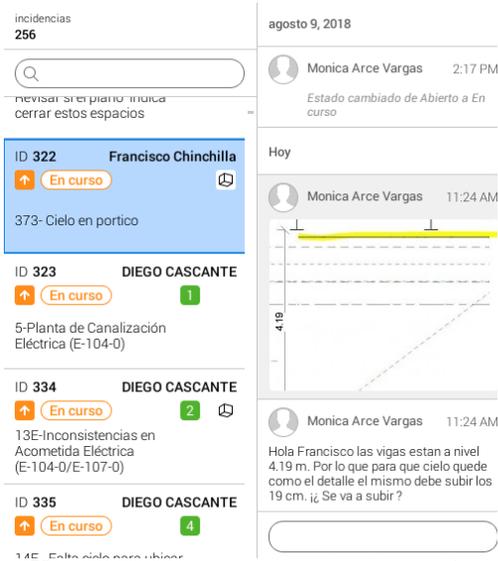


Figura 52. Notificación de incongruencias. Fuente: Pantallazo Software Revizto.

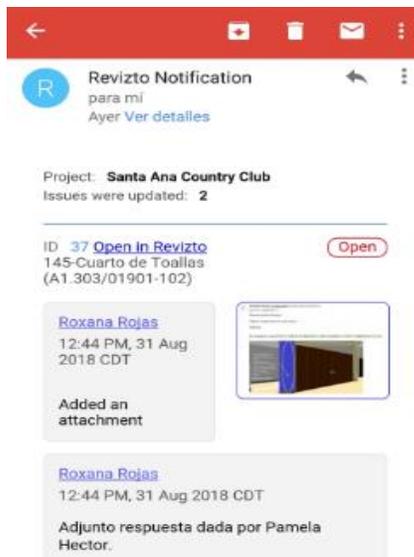


Figura 53. Notificación de incongruencias. Fuente: Pantallazo Correo electrónico.

El software automáticamente notifica cuando algún colaborador identifica una incongruencia en el modelo, cuando se realizan comentarios sobre

la incongruencia, cuando se agregan observadores o cuando se cambia la persona asignada, lo que permite mantenerse actualizado en cuanto al estado de la incongruencia.

En la interfaz se aprecia información como el número de la incongruencia, el cual es importante para cuando se necesite hacer búsquedas específicas, el nombre de la persona asignada a la incongruencia, el estado de la incongruencia (abierto, en curso, resuelto, cerrado), la prioridad de la incongruencia (crítico, mayor, menor, impedimento, ninguna) y la descripción o nombre de la incongruencia.

Si se observa la figura 52, se muestra una sección de gran importancia, donde se realizan comentarios, las personas relacionadas a la incongruencia pueden agregar imágenes, documentos para dejar claro la ubicación y describir la incongruencia, por lo tanto por ese medio es donde se atienden y da solución a las inconsistencias, hasta que la persona autorizada señale la incongruencia como *resuelta* en el modelo.

Luego de recibir notificaciones de las incongruencias detectadas en el software Revizto, se pasa a verificar en la construcción si el proceso constructivo en el cual posiblemente se presente una inconsistencia ya fue realizado o bien si está a tiempo de corregir, para lo cual fue necesario mantener una revisión del registro fotográfico del proyecto (ver en apéndices algunas de las imágenes).

Para agilizar el proceso de resolución de las incongruencias por parte de encargados del proyecto, se coordinaron reuniones frecuentes para darle atención a las mismas.

CUADRO 1. REUNIONES/CONSULTAS	
Encargado	Frecuencia
Ingeniero Aire Acondicionado	Semanal
Ingeniero Mecánico	Semanal
Instalación eléctrica	Semanal
Sistema contra incendio	Varios días por semana
Arquitectos	Varios días por semana
Ingenieros de proyecto	Varios días por semana

Fuente: Elaboración propia

Se llevó un control por medio del espacio de trabajo de Revizto en cuanto a la cantidad y estado de incongruencias por persona asignada.

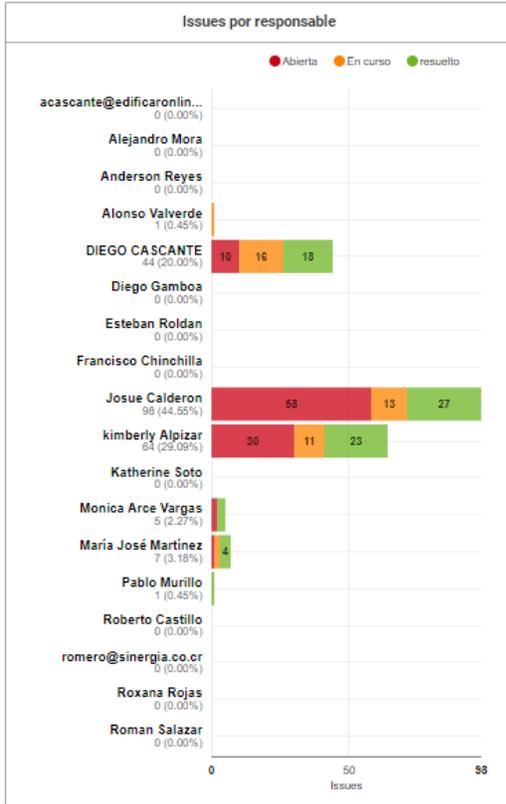


Figura 54. Estado de incongruencias 5 de Julio 2018. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

El color rojo representa las incongruencias en estado *abierto*, el color anaranjado en estado *en curso* y el color verde en estado *resuelto*.

Además de los estados por responsable se tienen por disciplina (arquitectura, estructural, mecánico, eléctrico) pero se presentan en esta sección los estados por responsables que fueron recopilados de julio a octubre del 2018.

Revizto permite la opción de programar el envío de éste tipo de estado por correo electrónico como un informe y seleccionar las personas a las que se quiere hacer llegar.

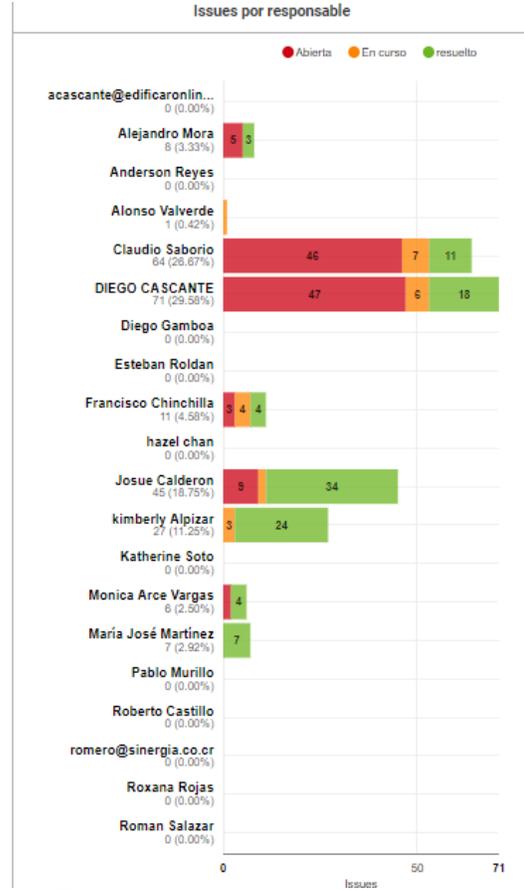


Figura 55. Estado de incongruencias 1 de Agosto 2018. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

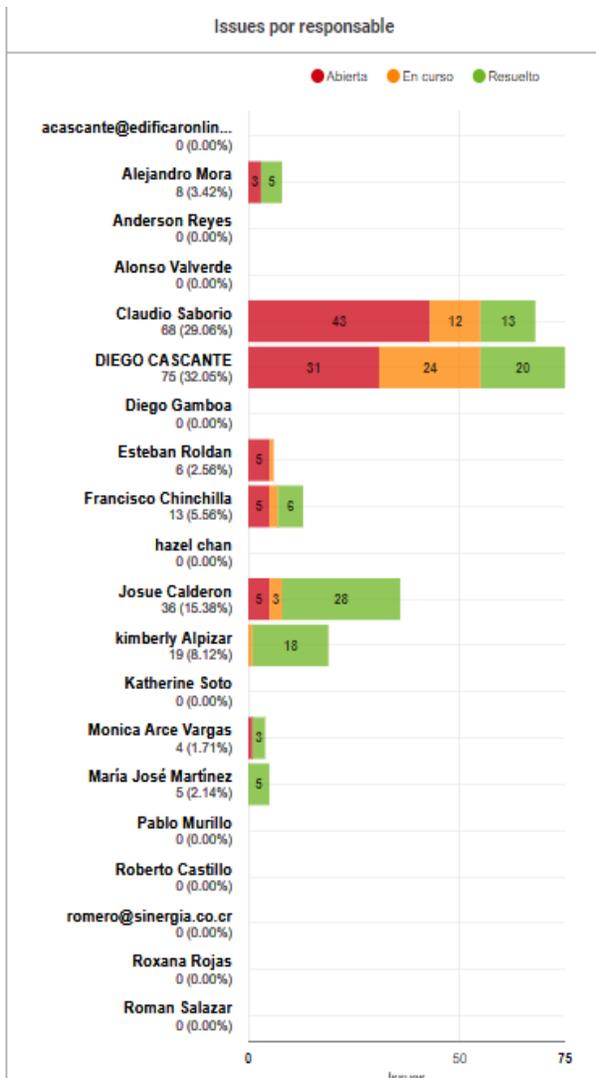


Figura 56. Estado de incongruencias 10 de Setiembre 2018. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

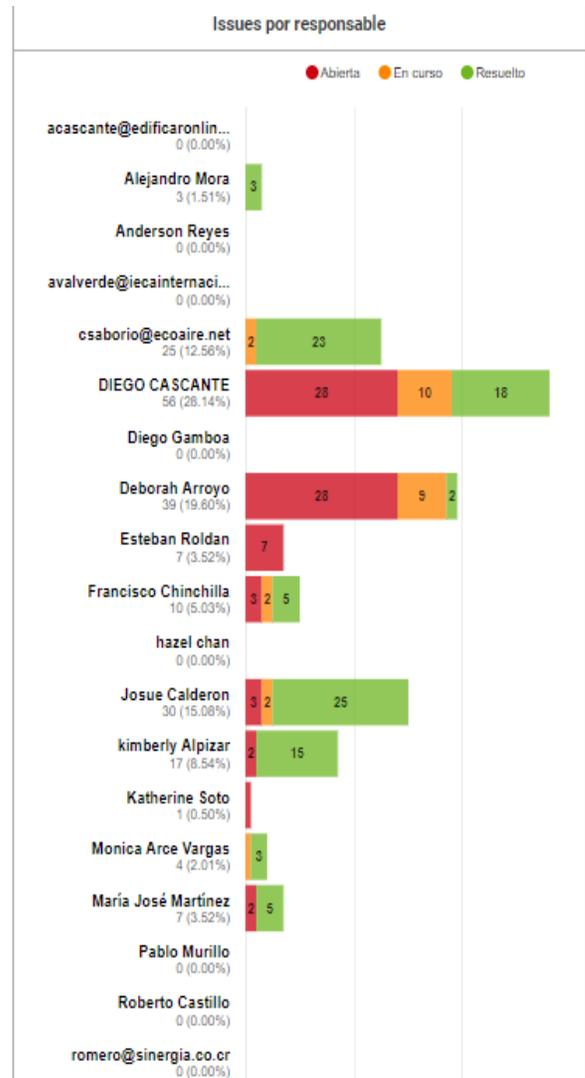


Figura 57. Estado de incongruencias 26 de Setiembre 2018. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

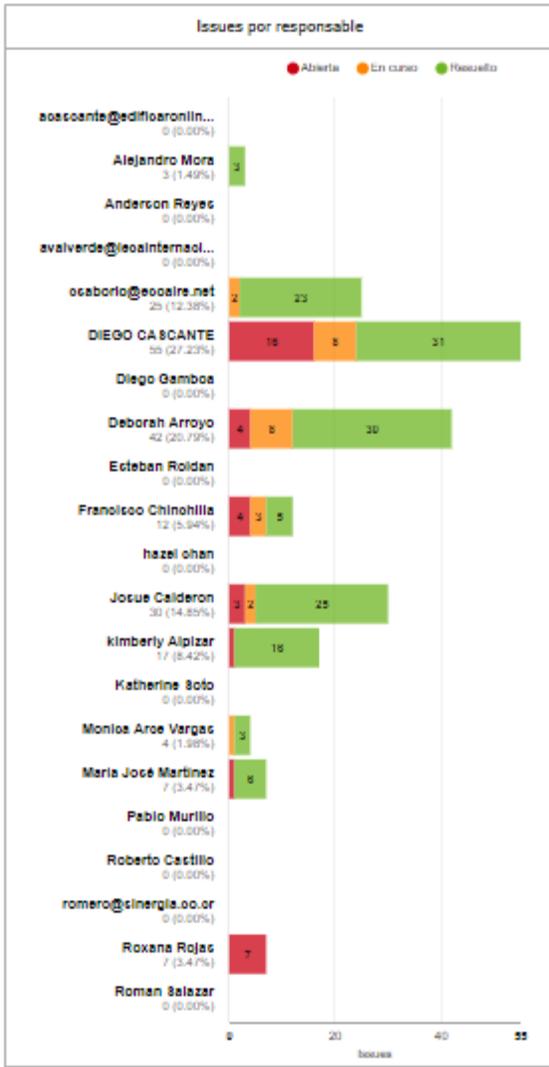


Figura 58. Estado de incongruencias 15 de Octubre 2018. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Además se recuperaron gráficas sobre el avance semanal o mensual en resolución de incongruencias, con la misma simbología de colores, ver las figuras 61 y 62.

Otro tipo de gráfica recuperada es el de la cantidad de incongruencias con respecto a la prioridad asignada una vez detectada, de las cuales las *importantes* y *críticas* representan aquellas incidencias que deben ser resueltas de manera más rápida, ya que posiblemente afecta gravemente el diseño o implica un costo y

pérdida de tiempo de no resolverse a tiempo, ver figura 59.

También se presenta la gráfica que muestra Revizto en relación a cuántos colaboradores del proyecto en análisis estuvieron ingresando al software, ver figura 60.

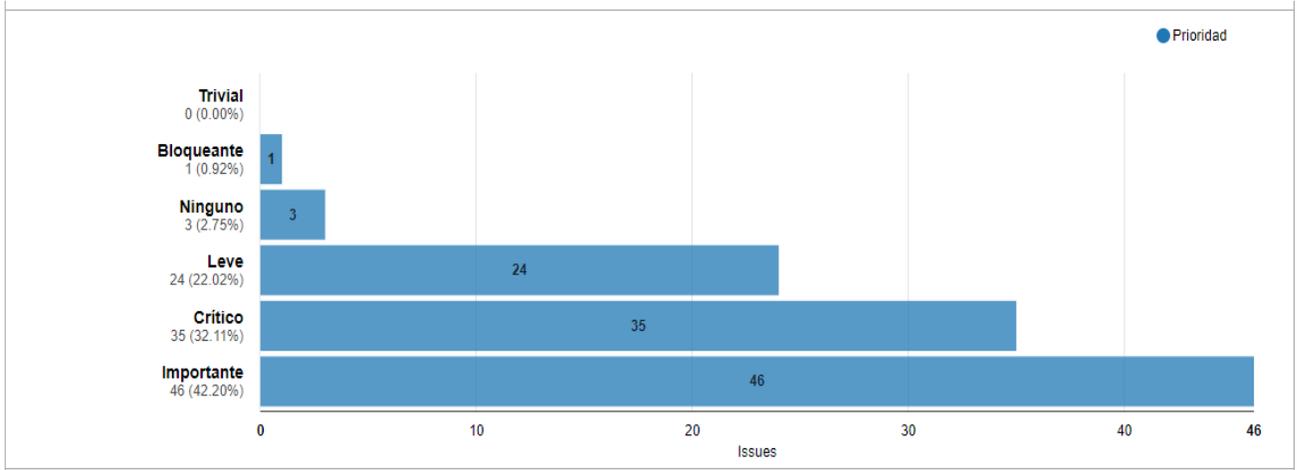


Figura 59. Prioridad de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

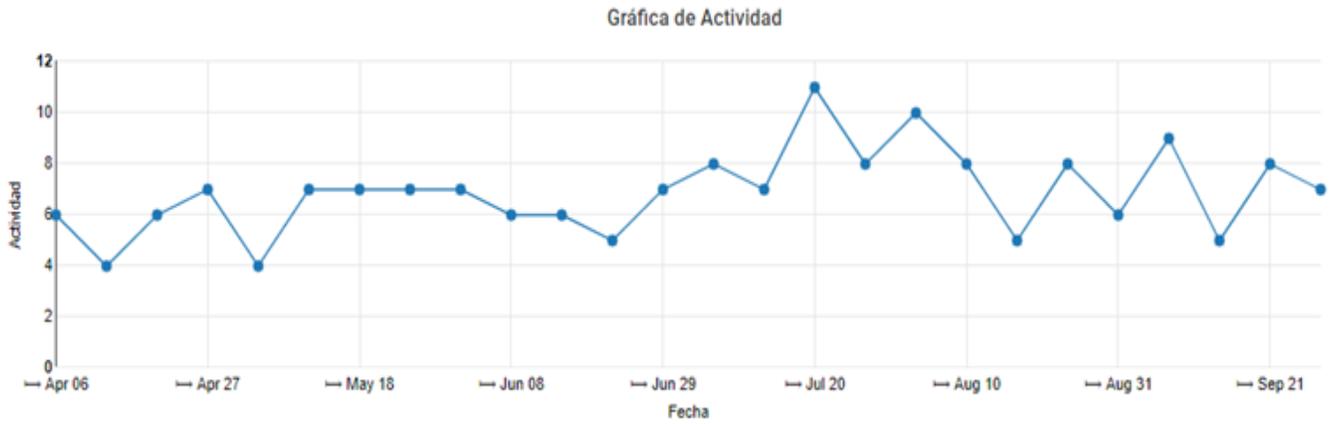


Figura 60. Actividad de ingreso a Revizto. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Avance Mensual

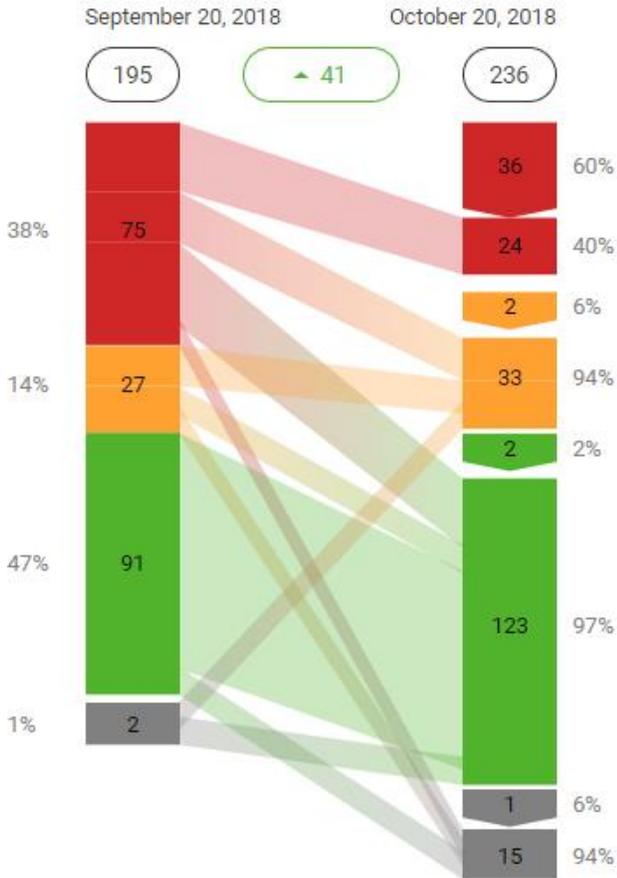


Figura 61. Resolución de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Avance general

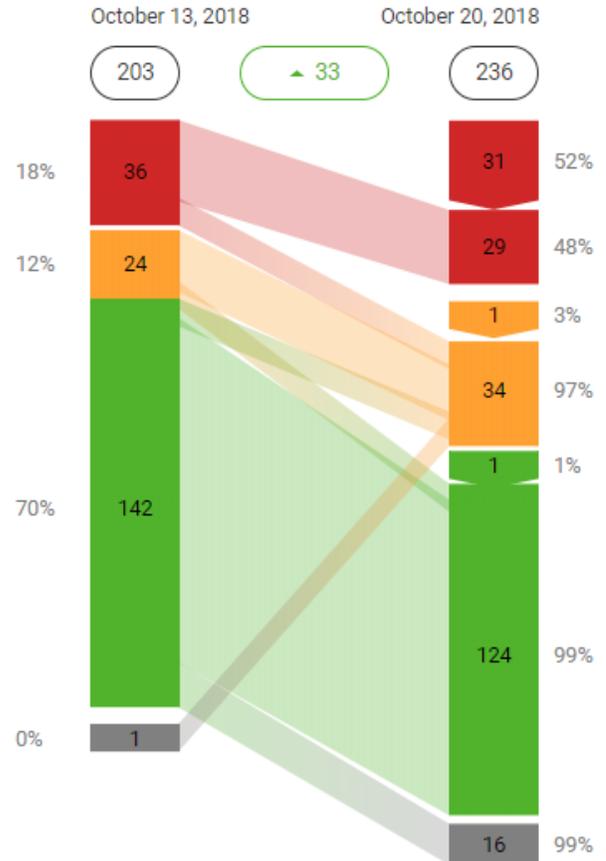


Figura 62. Resolución de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Incongruencias en el proyecto

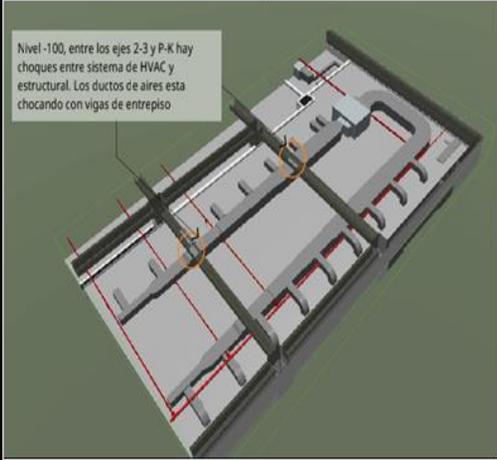
Foto Incongruencia	ID	124	Foto Solución
	Prioridad	Mayor	
	Ubicación	Módulo A, nivel 912, ejes 2-3 y P-K	
	Incongruencia	Choque entre sistemas aire acondicionado y estructural	
	Etiqueta	Estructural, HVAC, Módulo A, Nivel 912	
	Descripción	Los ductos de aires están chocando con vigas de entrepiso	

Figura 63. Incongruencia de Aire Acondicionado. Fuente: Elaboración propia

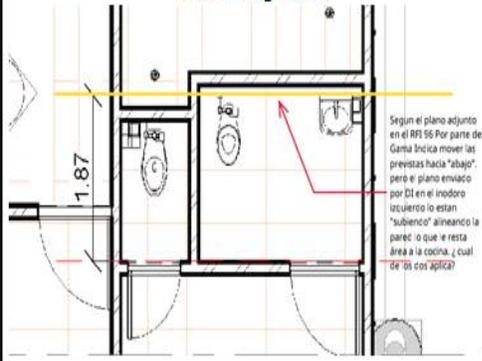
Foto Incongruencia	ID	310	Foto Solución
	Prioridad	Menor	
	Ubicación	Módulo B, nivel 922, ejes H-F y 12-13	
	Incongruencia	Consulta sobre el RFI 96	
	Etiqueta	Arquitectónico, Mecánico, Módulo B, Nivel 922.00	
	Descripción	Cuál indicación rige, la de GAMA o la de Diseño Interno?	

Figura 64. Incongruencia mecánica. Fuente: Elaboración propia

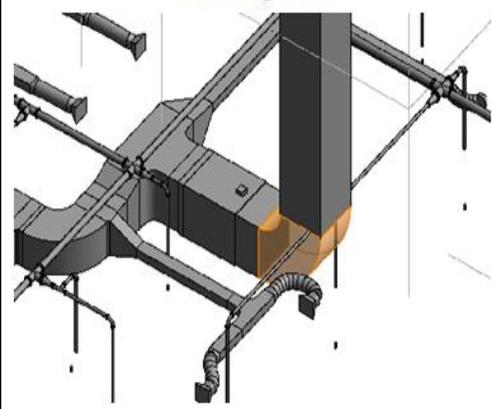
Foto Incongruencia	ID	91	Foto Solución
	Prioridad	Mayor	
	Ubicación	Módulo A, nivel 907, ejes W-V y 2	
	Incongruencia	Choque entre sistemas (MA-111, MI-111)	
	Etiqueta	HVAC, Mecánico, incendio, Módulo A, Nivel 907	
	Descripción	Hay un choque entre sistema de aire acondicionado y sistema de incendio	

Figura 65. Incongruencia Aire Acondicionado/Sistema contra Incendio. Fuente: Elaboración propia

Foto Incongruencia 	ID	346	Foto Solución
	Prioridad	Mayor	
	Ubicación	Módulo C, nivel 912, ejes 15-16 y Ñ-L	
	Incongruencia	Ubicación de apagador (E204-2)	
	Etiqueta	Eléctrico, Módulo C, Nivel 912.00	
	Descripción	En láminas eléctricas se indica un apagador sencillo sin embargo no hay una pared en la cual se pueda colocar	

Figura 66. Incongruencia eléctrica. Fuente: Elaboración propia

Foto Incongruencia 	ID	294	Foto Solución
	Prioridad	Critico	
	Ubicación	Módulo C, nivel 917, ejes 15-16 y E	
	Incongruencia	Diferencia de dimensiones entre columna y viga (Sa105, Sa203)	
	Etiqueta	Estructural, Módulo C, Nivel 917.00	
	Descripción	cambiaron a columnas tipo L. Por favor confirmar si así esta en proyecto	

Figura 67. Incongruencia Estructural. Fuente: Elaboración propia

Foto Incongruencia 	ID	39	Foto Solución
	Prioridad	Menor	
	Ubicación	Módulo A, nivel 907, ejes 2-4 y W	
	Incongruencia	Acabado en DI no especificado (A1.301/01901.401)	
	Etiqueta	Arquitectónico, Diseño Interno, Módulo A, Nivel 907	
	Descripción	En el vestíbulo del baño de hombres y mujeres no se especifica el acabado para las paredes en DI.	

Figura 68. Incongruencia Diseño Interno. Fuente: Elaboración propia

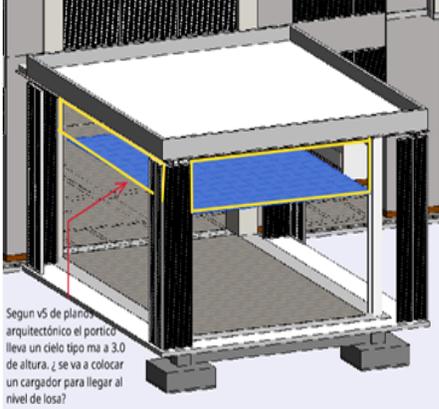
Foto Incongruencia		ID	322	Foto Solución	
 <p>Segun v5 de planos arquitectónico el portico lleva un cielo tipo ma a 3.0 de altura. ¿ se va a colocar un cargador para llegar al nivel de losa?</p>	Prioridad	Mayor			
	Ubicación	Módulo B, nivel 917, ejes 7-8			
	Incongruencia	Cielo en pórtico			
	Etiqueta	Arquitectónico, Módulo B, Nivel 917.00			
	Descripción	Según V5 de planos arquitectónicos el pórtico lleva un cielo tipo ma a 3 m de altura. Se va a colocar un cargador para llegar al nivel de losa?			

Figura 69. Incongruencia Arquitectónica. Fuente: Elaboración propia

Fue gran cantidad de incongruencias las que fueron detectadas por las personas encargadas del área BIM de la empresa Edificar, en ésta sección solo se muestran las más representativas de cada disciplina: arquitectónico, diseño interno, eléctrico, estructural, aire acondicionado, sistema de protección contra incendio y mecánico.

Con ayuda de la herramienta PROCORE, se tuvo acceso a los planos del proyecto, para realizar verificaciones en el sistema contra incendio, la canalización eléctrica y las paredes, para que las modeladoras corrigieran en el modelo en caso de ser necesario, de esta forma se solucionaron algunas incongruencias.

Comparación de herramientas BIM

CUADRO 2. HERRAMIENTAS PARA DAR SEGUIMIENTO A CONFLICTOS

			
Notifica a los usuarios sobre las incongruencias?	Por medio de correos electrónicos y en la misma aplicación. De manera programada se pueden enviar reportes sobre incongruencias	Por medio de correos electrónicos y en la misma aplicación. De manera programada se pueden enviar reportes sobre incongruencias	Por medio de correos electrónicos y en la misma aplicación. De manera programada se pueden enviar reportes sobre incongruencias
Mensajería instantánea a un usuario en específico?	No	En BIM 360 TEAM se muestran los integrantes que se encuentran activos con la opción de enviar mensajes a cualquier usuario	No
Sección de comentarios y posibilidad de adjuntar archivos (PDF, imágenes)?	Sí, se pueden adjuntar imágenes y archivos en la sección de comentarios	En la sección para revisar los conflictos, se muestran archivos adjuntos y comentarios realizados en cada conflicto	En cada conflicto se pueden agregar comentarios y adjuntar una foto que represente el problema descrito
Enlace con el modelo 3D?	Se puede observar el modelo 3D simultáneamente con el revisor de incongruencias	Se puede observar el modelo 3D simultáneamente con el revisor de incongruencias	Para las plataformas compatibles, ofrece un BCF Manager en forma de plugin que permite crear, guardar, combinar, filtrar y consultar incidencias desde el mismo modelo (Roense, 2016)
Plug-in para	Revit, Navisworks, Civil 3D, ArchiCAD, Sketch Up	Revit, Navisworks, AutoCAD, AutoCAD Civil 3D	Revit, Navisworks, ArchiCAD, SimpleBIM, Tekla STR, Solibri
Muestra lista de conflictos en orden de acuerdo a los últimos cambios presentados?	No, al ingresar al revisor de conflictos se muestra toda la lista en general	No, al ingresar al revisor de conflictos se muestra toda la lista en general	Se muestra lista de conflictos de acuerdo a cambios recientes
Creación de conflictos para darle seguimiento?	Conforme se revisa el modelo en 3D asociado al software, se pueden ir detectado conflictos	Conforme se revisa el modelo en 3D asociado al software, se pueden ir detectado conflictos	Se pueden crear y editar conflictos

Fuente: Elaboración propia

Propuesta de mejoras en uso de herramientas BIM

- ❖ Permitir acceso a la información del software sobre las incongruencias detectadas, como observadores a las personas que se encargan directamente de realizar las instalaciones de los distintos sistemas, de manera que puedan mantenerse informados en caso de que el encargado principal no mantenga un ingreso frecuente al software.
- ❖ Asegurar que los usuarios del software manejen perfectamente la herramienta, con ayuda de capacitaciones antes de iniciar la implementación de la misma.
- ❖ Al identificar los conflictos en el modelo, se debe proporcionar información suficiente para que los demás usuarios puedan localizar sin dificultad el conflicto en el proyecto, esto debido a que encargados de ciertas disciplinas no podían dar solución pronta porque no comprendían la ubicación exacta en planos al no encontrar información como ejes de planos.
- ❖ Al describir los conflictos se debe garantizar que cualquier persona pueda entender el conflicto presentado, o la duda que surge por parte del modelador.
- ❖ Asignar el conflicto a la persona indicada, de acuerdo al área que corresponda dicho conflicto.
- ❖ Presentar los conflictos por medio de reuniones, en sesiones individuales por disciplina, mucho antes de que inicie la construcción.
- ❖ Verificar antes de asignar conflictos, que lo modelado esté de acuerdo a lo que se tiene en sitio, en caso de haber iniciado la construcción.
- ❖ Que se cumpla estrictamente con lo establecido en el plan de ejecución del proyecto BIM (BEP por sus siglas en inglés), realizado antes de iniciar el proceso BIM.
- ❖ Unificar las herramientas a las que deben acceder los involucrados del proyecto en busca de información para promover el trabajo coordinado y colaborativo.
- ❖ Cuando se solucione algún conflicto es de gran importancia que justifiquen dicha solución y no sólo que lo marquen como resuelto, para garantizar que los demás usuarios comprenden el cambio y que los modeladores sin ningún problema pueden modificar el modelo.
- ❖ Asignar responsabilidad en los colaboradores del proyecto incluidos como usuarios de la herramienta BIM, para que la atención y solución de conflictos sea continúa, como parte de sus deberes.

Análisis de los resultados

La construcción en general presenta un avance del 50% de acuerdo a lo comentado por ingenieros del proyecto, empezando a inicios de octubre del 2018 con el proceso de acabados. Para que la resolución de incongruencias sea eficiente se deben detectar conflictos mucho antes de que el proceso constructivo correspondiente al conflicto inicie. En algunos casos, puede ser que el conflicto sea ocasionado por dos disciplinas que no llevan en paralelo su ejecución, por lo tanto, aunque alguna parte se haya construido, se puede buscar solución con la otra disciplina que falta por ejecutar. En proyectos tan grandes como lo es Santa Ana Country Club es importante el reconocimiento del sitio y de los procesos constructivos que se han realizado y los que están por iniciar, para poder darle un mayor seguimiento a los conflictos que involucren actividades cercanas a su ejecución.

El proyecto inicia en enero con obra gris y para esa fecha aún no se había empezado con la detección de incongruencias porque estaban iniciando con el desarrollo del modelo 3D, lo que implica que no se lleve a cabo un proceso efectivo, ya que para el mes de abril es cuando se empiezan a asignar las primeras incongruencias con ayuda de la herramienta Navisworks y seguidamente de Revizto.

Como se indica en la sección de resultados, con la herramienta Revizto se hacen análisis visuales del modelo, lo cual no garantiza que se estén contemplando todos los posibles conflictos con una rápida visualización pero de ésta forma se pueden ir creando y asignando inmediatamente las incongruencias sin que se vuelva una tarea tediosa.

La interfaz presentada por esta herramienta en cuanto al seguimiento que se le debe dar a las incongruencias ayuda en gran medida a que los colaboradores se hagan cargo de los conflictos de su especialidad, ya sea al ingresar a la aplicación o al recibir correos con notificaciones específicamente de aquellas

incongruencias que tienen relación con la persona, ya que contiene toda la información necesaria para que sea atendida, en caso de requerir información se tiene la posibilidad de realizar comentarios como se observa en la figura 52, esto no garantiza que todos los usuarios ingresen con frecuencia a la aplicación y le den solución rápida a la incongruencia, en especial con aquellos usuarios que tienen muchos conflictos asignados. En el apéndice 3 se muestra un reporte de incongruencias de gran utilidad para recordar a cada usuario sobre sus incongruencias pendientes, el cual por lo general se enviaba todos los lunes. Las reuniones programadas con encargados de distintas disciplinas no siempre fueron efectivas, ya que en algunos casos era difícil ubicarse en el modelo cuando solo se tenían archivos en 2D sin posicionamiento en el modelo 3D, o no se indicaban los ejes para usar como referencia los planos, por lo tanto no se avanzaba con la solución. En el caso de las reuniones con los ingenieros del proyecto, las sesiones fueron más extensas y en un mismo día se daba solución a gran cantidad de incongruencias o bien como siempre se podían ubicar en el proyecto, se realizaban consultas frecuentes obteniendo respuesta pronta.

Con los estados de incongruencias obtenidos de Revizto, se logra apreciar en las figuras 54 y 55 presentadas en la sección de resultados con relación a las incongruencias por responsable, que muchos de los conflictos estaban mal asignados, debido a que aún no se tenían algunos subcontratos definidos.

En las figuras 56 y 57 se siguen observando re asignaciones entre los mismos usuarios, sin mayor avance en conflictos resueltos. En la figura 58 correspondiente al mes de octubre, hubo un avance significativo en la cantidad de incongruencias resueltas, en el caso donde se observa mayor cantidad de incongruencias abiertas (en rojo) es debido a que son incongruencias que no se pudieron

solucionar a tiempo en el modelo y las personas encargadas de cada disciplina en su momento solucionaron el conflicto en campo, por lo tanto al pertenecer a la parte mecánica (se identifica por el nombre del ingeniero mecánico), la gran mayoría no se pueden observar en campo. Se le da mayor prioridad a aquellas incongruencias que están a tiempo de solucionar en sitio.

En la figura 59 se aprecia una gráfica sobre la cantidad de incongruencias de acuerdo a su prioridad, obtenida igualmente de Revizto. La mayoría de incongruencias se clasifican como importantes, seguidas de las críticas, ambas son necesarias de resolver con urgencia, por lo tanto fue necesario hacer una revisión general de estas incongruencias con ayuda de filtros en la aplicación para ser presentadas en reuniones a cada encargado, ya que no se estaba tomando atención a las prioridades indicadas.

En la figura 60 se tiene un registro del ingreso al software, obtenido de Revizto, en la gráfica se puede ver la cantidad de veces en la que los usuarios ingresan a Revizto, entre el 19 y 20 de julio se observa que hubo 11 ingresos (el mayor durante todos esos meses) de un total de 17 personas que tienen acceso al software. De julio a setiembre el rango de personas que ingresan frecuentemente al software es entre 5 y 9 usuarios. Lo ideal sería que los 17 usuarios estén ingresando constantemente al software para mantenerse informados de los cambios que se vayan presentando con las incongruencias.

En la figura 61 y 62 se muestran gráficas dinámicas con el avance presentado en las incongruencias, en el caso del avance mensual, se aprecia un aumento importante de incongruencias de setiembre a octubre, de lo cual aumenta significativamente las resueltas y las cerradas. Se da un proceso dinámico ya que no se sigue un flujo normal entre las incongruencias, dado que se esperaba que las incongruencias abiertas pasen a en curso y de en curso pase a resueltas, para que finalmente pase a cerradas. Pero en la figura 61 se muestran incongruencias que del estado abierto pasaron a resueltas e incluso a cerradas, o de la misma forma, del estado en curso pasaron a cerradas. Esto indica que se tuvo que dar un proceso urgente de resolución de incongruencias, posiblemente por estar contra tiempo, ya que el avance del proyecto era muy adelantado en cuanto a las incongruencias que se tenían identificadas.

Con la figura 62 se aprecia que el avance significativo que se dio entre setiembre y octubre fue entre el 13 y 20 de octubre, una semana, lo cual confirma aún más del proceso urgente de resolución que se tuvo que dar durante el mes de octubre.

Se hizo una recopilación de incongruencias que representaran cada una de las disciplinas que contempla el diseño del proyecto, en la figura 63 se muestra una incongruencia relacionada al aire acondicionado, la cual representa uno de los problemas más grandes que se tuvo que enfrentar en el proceso de resolución de incongruencias, esto debido a que de manera tardía se eligió al encargado de ésta área, por lo tanto se tenía gran cantidad de incongruencias sin poder atender. En el caso específico de la incongruencia mostrada de aire acondicionado, se tuvo que proceder a ver primero la solución en campo y luego que los modeladores modificaran el modelo 3D de acuerdo a la imagen que se adjuntó en la aplicación Revizto. Se pretende como ya se mencionó, que se dé primero la solución en el modelo 3D y luego en sitio, pero dadas las circunstancias en las que se tuvo que proceder en cuanto al aire acondicionado, el proceso de resolución de incongruencias con herramientas BIM no fue tan efectivo para esta disciplina.

En el caso de la figura 64, con respecto a la incongruencia mecánica, ésta si tuvo una solución a tiempo de acuerdo a lo detectado al momento de realizar el modelo 3D, las personas encargadas de ésta área tuvieron el tiempo suficiente para planear el trazado que se tenía que realizar mucho antes de que la actividad diera inicio.

En la figura 65, se vuelve a representar una incongruencia que involucra aire acondicionado y tubería de incendio, otra problemática que se tuvo que enfrentar y la cual requirió de mucho trabajo al ser un proyecto tan grande, esto debido a que fue necesario verificar que la instalación de la tubería de incendio de todo el proyecto estuviera de acuerdo a planos para que al momento de instalar el sistema de aire acondicionado las incongruencias correspondieran a lo modelado, porque de no estar según planos, muchas incongruencias identificadas en la herramienta podían ser eliminadas. En el caso de la figura 65 como se observa en la foto de la solución, no estaba de acuerdo a planos, por lo tanto la incongruencia

que habían identificado en el modelo ya no se iba a presentar en campo, por lo tanto, los modeladores necesitaron actualizar la tubería de incendio según se encontraba en sitio, para garantizar que según el diseño de aire acondicionado las incongruencias que se iban a identificar eran reales.

Otro tipo de incongruencia se observa en la figura 66, correspondiente al área eléctrico, este tipo de incongruencia surge de errores en planos y por lo tanto son necesarios resolver para que el modelo sea una representación real de lo que se tiene en sitio, siendo necesaria ésta información al momento de presentar planos as built, lo mismo sucede con la incongruencia de la figura 67, donde se solicita información de cambios realizados con respecto a lo que se indica en planos.

La figura 68 muestra una incongruencia de diseño interno con prioridad menor ya que corresponde a una solicitud de información debido a que no se indicaba claramente en planos y al ser de una actividad que se encontraba a tiempo, no era de urgencia. Lo mismo con la incongruencia de la figura 69, la cual se pudo solucionar satisfactoriamente a tiempo, al pertenecer a una actividad que de acuerdo al avance presentado en la construcción estaba lejano el inicio de la misma.

Como se indica en la sección de resultados, además de la herramienta Revizto fue necesario utilizar la herramienta PROCORE en la cual se encontraba toda la información referente al proyecto como planos, RFIs, submittals. En muchos casos fue necesario verificar primero en los RFIs que no se estuvieran repitiendo las preguntas que se asignaban en la aplicación de Revizto, ya que son dos herramientas sin ningún vínculo, lo cual resta efectividad en el proceso de resolución de incongruencias, esto porque si la duda se respondía en un RFI no lo respondían de la misma forma en Revizto, lo que implicaba que las modeladoras no lo consideraran a tiempo para realizar la modificación en el modelo 3D.

Las herramientas BIM investigadas poseen funciones similares a las que ofrece la utilizada por la empresa Edificar, BIM 360 es una de las que se puede utilizar para todo el ciclo de vida de un proyecto, un software muy completo. En el caso de Revizto y BIMcollab son especiales para el proceso único de dar seguimiento a las incongruencias identificadas y poder dar solución

a las mismas para que sean del conocimiento de todos los usuarios.

Las tres herramientas tienen comunicación directa con las herramientas más populares para el desarrollo del modelo en 3D, importante en el caso de que sincronicen los cambios presentados y sea más fácil la modificación del modelo, lo cual debe ser un requerimiento a tomar en consideración antes de elegir una herramienta de colaboración, ya que por lo general, éstas ofrecen funciones parecidas y es más fácil adaptarse a ellas que al revés, cambiar una herramienta de modelado solo para utilizar una de colaboración.

Conclusiones

- a) Para que el proceso de resolución de incongruencias con herramientas BIM sea eficiente, es necesario que la detección de las incongruencias se dé en la etapa de pre construcción, para garantizar que sean analizadas y solucionadas con tiempo por parte del encargado.
- b) El avance que presentaba el proyecto Santa Ana Country Club al iniciar con la detección de incongruencias dificultó el proceso de resolución ya que muchas de éstas aún no se solucionan en el modelo 3D aunque ya haya pasado el proceso constructivo que la involucra.
- c) La herramienta Revizto utilizada por Edificar ofrece información suficiente y opciones necesarias que contribuyen la colaboración y comunicación de los involucrados del proyecto Santa Ana Country Club.
- d) No hay método definido que se pueda aplicar de manera general en cualquier proyecto para garantizar la eficiencia del proceso de resolución de incongruencias, ya que cada proyecto implica un método distinto el cual se establece en el plan de ejecución BIM antes de iniciar la construcción del proyecto.
- e) Para el proyecto Santa Ana Country Club no se pudo establecer desde el inicio el plan de ejecución BIM lo que provocó que se presentara trabajos adicionales a lo establecido en el plan como la verificación de lo construido con lo modelado afectando en gran medida la utilidad de la herramienta BIM.
- f) Las herramientas para dar seguimiento a las incongruencias identificadas, tanto Revizto, BIM 360 y BIMcollab ofrecen funciones similares e importantes para que sean del agrado del usuario, facilitando la comunicación entre los involucrados de un proyecto.
- g) La selección de una herramienta BIM de colaboración radica en los gustos, la posibilidad de pagar por ella y de la integración que pueda tener ésta con la que utilizan para desarrollar el modelo 3D en cada organización.
- h) Una herramienta BIM de colaboración será de gran utilidad si ésta se acopla a las necesidades presentadas en el plan de ejecución BIM desarrollado para cada proyecto en específico.
- i) Las organizaciones deben capacitar e informar a sus miembros sobre la importancia del BIM, de lo contrario ni con la herramienta de colaboración más novedosa se van a tener resultados positivos en los procesos de resolución de incongruencias debido a la falta de colaboración por parte de cada usuario del software, ya que las personas que sí se sienten partícipes del proceso BIM son las que se mantienen constantemente solucionando estas incongruencias y otras que acumularon gran cantidad de éstas mostraban distanciamiento sobre el tema BIM.
- j) No hay un ingreso constante de todos los usuarios de Revizto lo que es directamente relacionado a la lenta solución de incongruencias.

Recomendaciones

- a) Para dar un seguimiento más preciso del método aplicado por una organización para la resolución de incongruencias con herramientas BIM sería importante tener acceso al plan de ejecución del proyecto BIM, éste por lo general es confidencial, de esta forma se podría asegurar que lo establecido en él es lo ejecutado.
- b) De ser posible, sería importante la comparación entre proyectos de la misma organización, para conocer si existe diferencia significativa en la eficiencia del proceso de resolución de incongruencias ya que están utilizando la misma herramienta pero distintos usuarios.
- c) Hacer encuestas entre los usuarios de las herramientas BIM para conocer su opinión sobre la importancia que encuentran en la implementación del BIM en su organización y por lo tanto la que le dan al uso de estas herramientas, ya que está vinculado al éxito de estos procesos de colaboración.
- d) Tomar en cuenta la propuesta de mejoras indicada en la sección de resultados, ya que independientemente del método que sigan en otros proyectos que utilicen Revizto, son necesarias para ayudar a agilizar el proceso de resolución de incongruencias.

Apéndices

Apéndice 1: Trazado en planos.

Apéndice 2: Fotos de avance en proyecto.

Apéndice 3: Reporte incongruencias de Revizto.

Apéndice 4: Reporte estado de incongruencias de Revizto.

Apéndice 1: Trazado en planos.

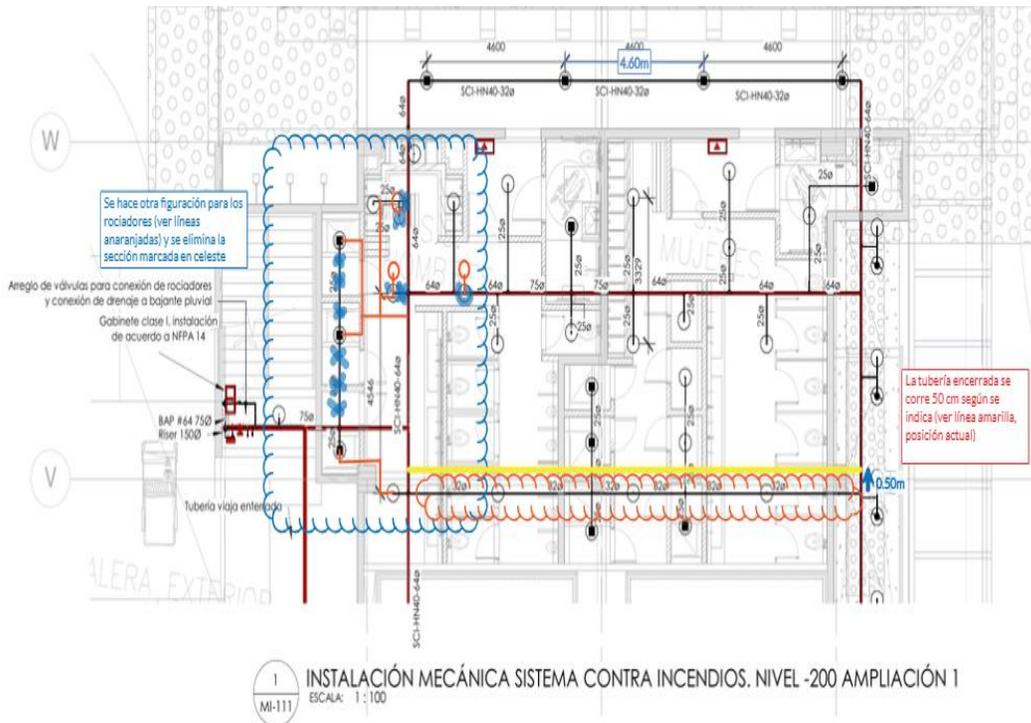


Figura 70. Trazo en plano, cambios en sistema contra incendio. Fuente: Elaboración propia

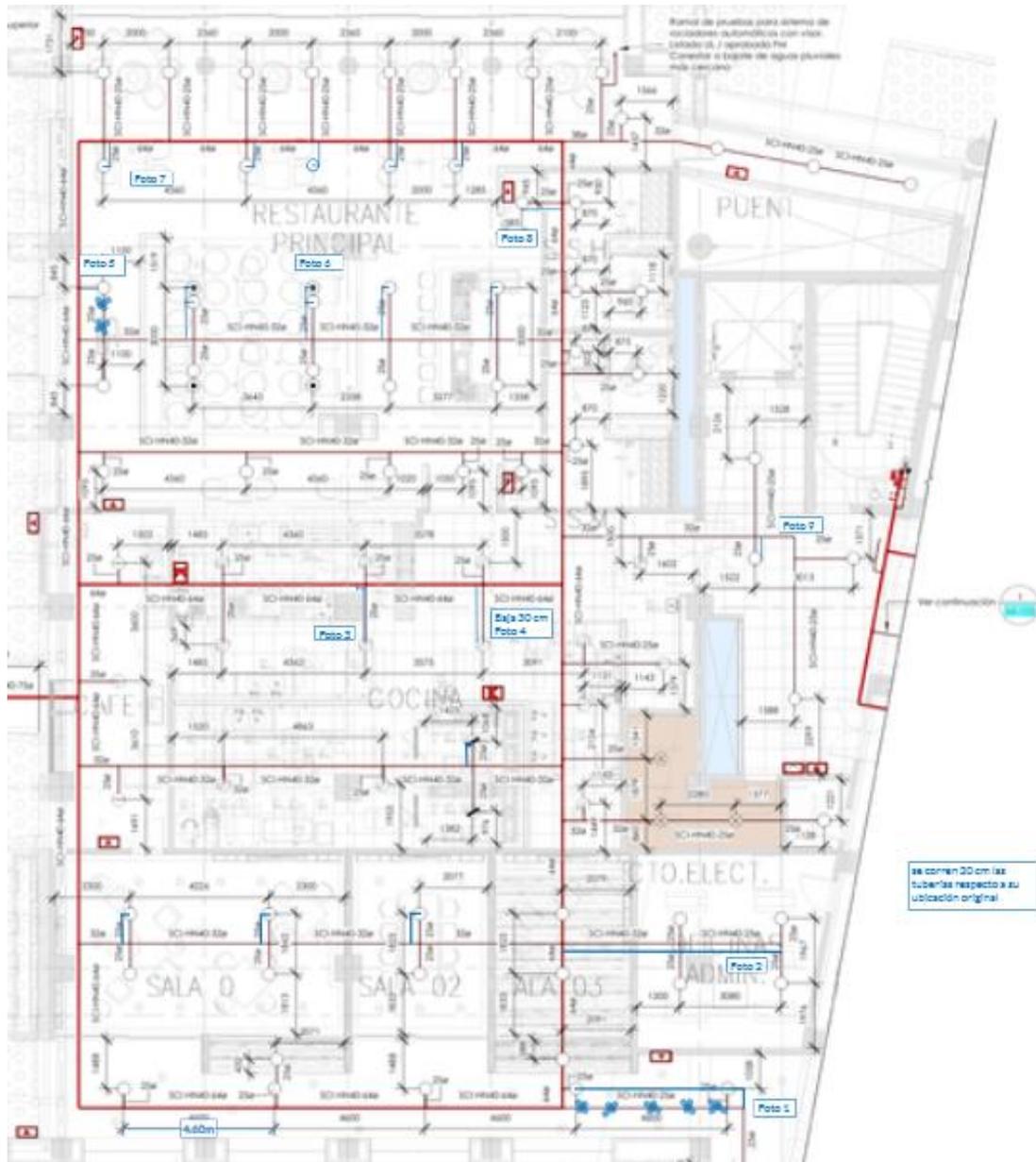


Figura 75. Trazo en plano, cambios en sistema contra incendio. Fuente: Elaboración propia

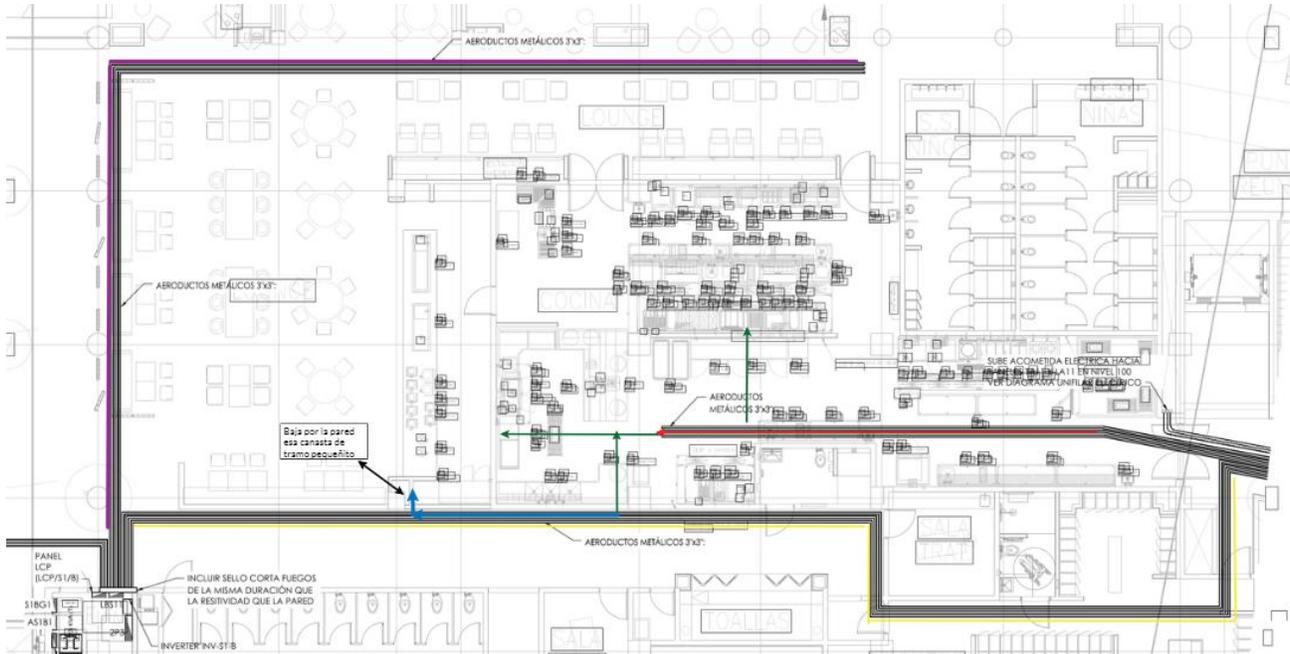


Figura 76. Trazo en plano, cambios en canalización eléctrica. Fuente: Elaboración propia

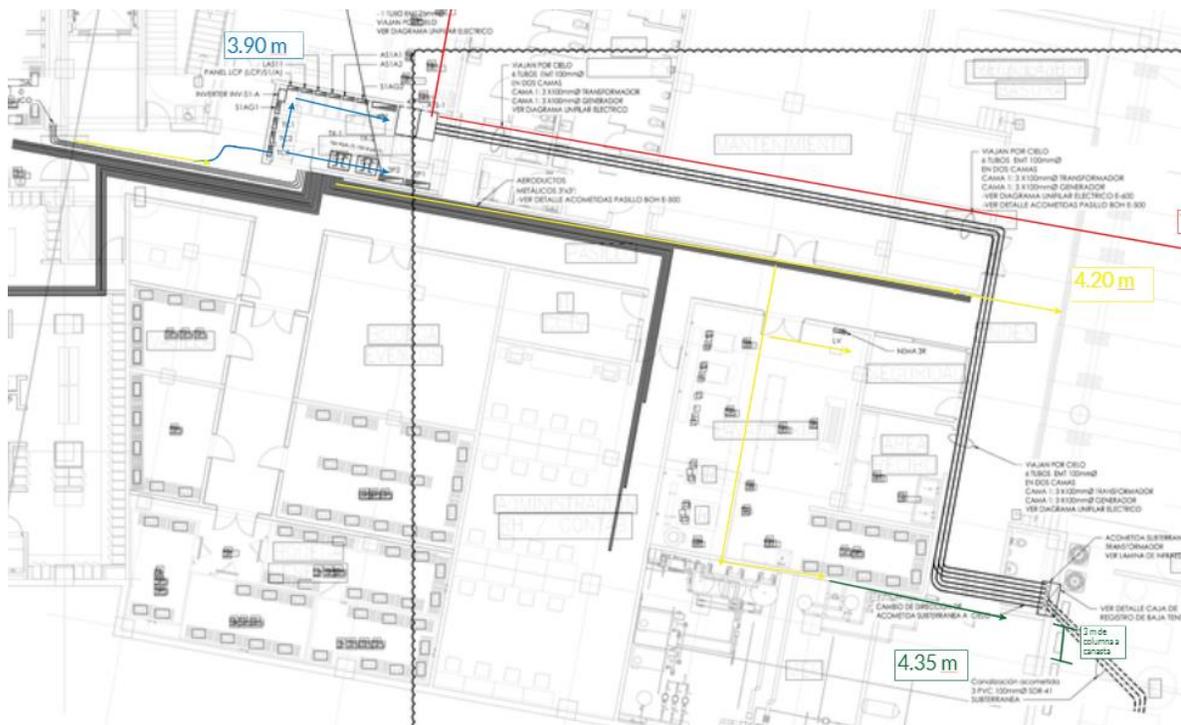


Figura 77. Trazo en plano, cambios en canalización eléctrica. Fuente: Elaboración propia



Figura 78. Trazo en plano, cambios en canalización eléctrica. Fuente: Elaboración propia

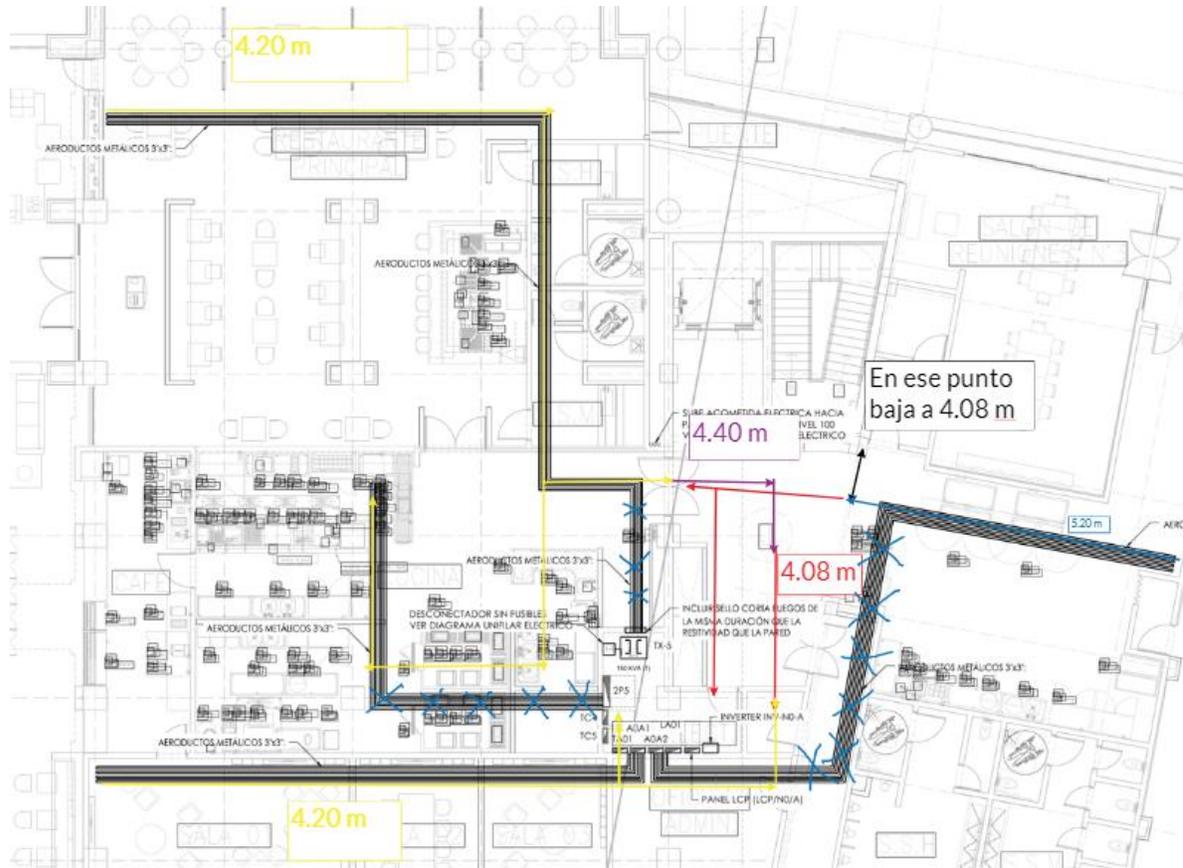


Figura 79. Trazo en plano, cambios en canalización eléctrica. Fuente: Elaboración propia



Figura 80. Trazo en plano, cambios en paredes. Fuente: Elaboración propia

Apéndice 2: Fotos avance de proyecto.



Figura 81. Techado de piscina semi olímpica. Fuente: Tomada en sitio



Figura 82. Paredes de mampostería, módulo A, nivel 907. Fuente: Tomada en sitio



Figura 83. Paredes livianas, módulo A, nivel 912. Fuente: Tomada en sitio



Figura 84. Sistema contra incendio y sistema aire acondicionado, módulo A, nivel 912. Fuente: Tomada en sitio



Figura 85. Colocación de cielo raso, módulo A, nivel 917. Fuente: Tomada en sitio

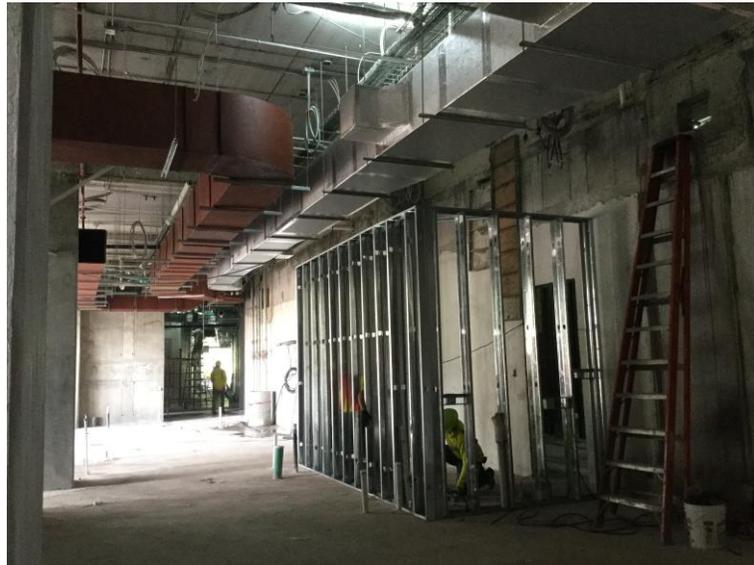


Figura 86. Paredes livianas y sistema de aire acondicionado, módulo B, nivel 912. Fuente: Tomada en sitio



Figura 87. Piscina de adultos. Fuente: Tomada en sitio



Figura 88. Paredes resanadas, módulo B, nivel 917. Fuente: Tomada en sitio



Figura 89. Paredes livianas y sistema aire acondicionado en sport bar, módulo B, nivel 922. Fuente: Tomada en sitio



Figura 90. Puente sobre área de estar, módulo B, nivel 917. Fuente: Tomada en sitio



Figura 91. Colocación de cielo raso, módulo C, nivel 917. Fuente: Tomada en sitio



Figura 92. Tuberías, módulo C, nivel 912. Fuente: Tomada en sitio

Apéndice 3: Reporte incongruencias Revizto.



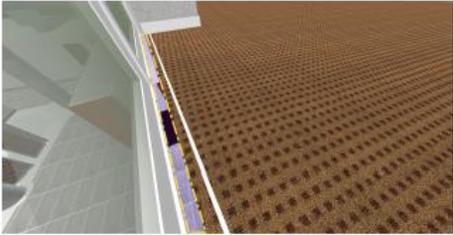
Reporte Issues Abiertos (Kimberly)

Oct 18, 2018



Santa Ana Country Club

Figura 93. Ejemplo reporte de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).



ID [357](#) None Open

Deadline
Not set

Assignee
kimberly Alpizar

Title
Espacio entre ventana y los area de niños

[Open in Revizto](#)

Created
21/Sep/2018
02:36 PM CDT

Reporter
Katherine Soto

Date and Time
21/Sep/2018
02:38 PM CDT

Attachment from Katherine Soto



[Click here to download](#)

Date and Time
21/Sep/2018
02:38 PM CDT

Commented by Katherine Soto

En planta se ven de esta forma

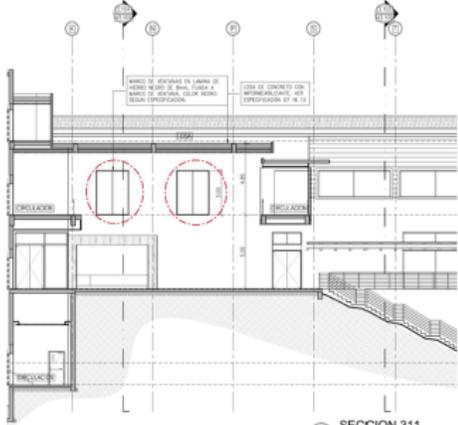
Date and Time
21/Sep/2018
02:42 PM CDT

Commented by Katherine Soto

En seccion 311 de la lamina A3.105 no coincide

Date and Time
21/Sep/2018
02:42 PM CDT

Attachment from Katherine Soto



[Click here to download](#)

Figura 94. Ejemplo reporte de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

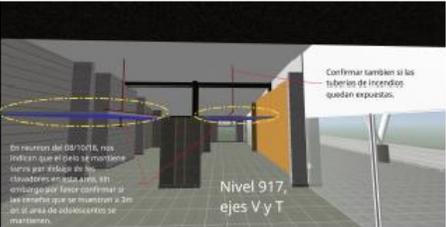
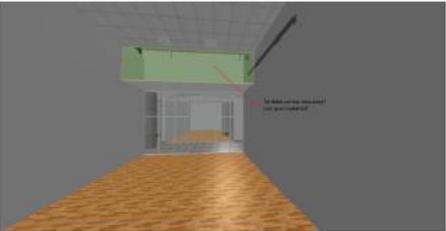
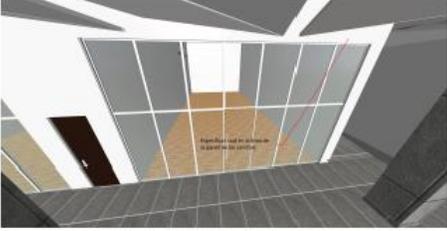
	<p>ID 363 <input type="radio"/> None Open</p> <p>Deadline Not set Assignee kimberly Alpizar</p> <p>Title Cerrar cielo a los lados</p> <p>Open in Revizto</p> <p>Created 21/Sep/2018 06:06 PM CDT Reporter Katherine Soto</p>
<p>Date and Time 16/Oct/2018 10:16 AM CDT</p>	<p>Commented by Monica Arce Vargas Katerrine este es el puente entre el modulo b-c? o es el puente entre el a-b?</p>
<p>Date and Time 16/Oct/2018 12:12 PM CDT</p>	<p>Commented by Katherine Soto Entre B y C</p>
<p>Date and Time 16/Oct/2018 12:13 PM CDT</p>	<p>Commented by Katherine Soto Kimberly, nos confirman si estas areas deben cerrarse por favor.</p>
	<p>ID 375 <input type="radio"/> None Open</p> <p>Deadline Not set Assignee kimberly Alpizar</p> <p>Title Cenefas en area adolescentes</p> <p>Open in Revizto</p> <p>Created 16/Oct/2018 12:09 PM CDT Reporter Katherine Soto</p>
	<p>ID 411 <input type="radio"/> None Open</p> <p>Deadline Not set Assignee kimberly Alpizar</p> <p>Title Cerramiento liviano canchas squash</p> <p>Open in Revizto</p> <p>Created 17/Oct/2018 11:35 AM CDT Reporter Katherine Soto</p>

Figura 95. Ejemplo reporte de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).



ID [414](#) None Open

Deadline
Not set **Assignee**
kimberly Alpizar

Title
Linea de pared frente en canchas de raquet

[Open in Revizto](#)

Created
17/Oct/2018
11:50 AM CDT **Reporter**
Katherine Soto

Date and Time
17/Oct/2018
11:56 AM CDT

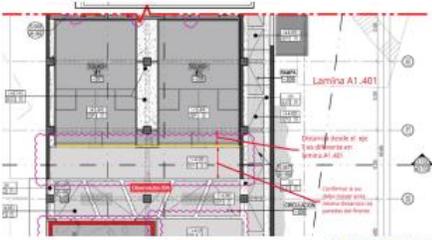
Attachment from Katherine Soto



[Click here to download](#)

Date and Time
17/Oct/2018
12:02 PM CDT

Attachment from Katherine Soto



[Click here to download](#)



ID [415](#) None Open

Deadline
Not set **Assignee**
kimberly Alpizar

Title
Pared frente a cancha de raquet #3

[Open in Revizto](#)

Created
17/Oct/2018
12:05 PM CDT **Reporter**
Katherine Soto

Figura 96. Ejemplo reporte de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018).

Date and Time
17/Oct/2018
 12:14 PM CDT

Attachment from Katherine Soto

[Click here to download](#)

Date and Time
17/Oct/2018
 12:15 PM CDT

Attachment from Katherine Soto

[Click here to download](#)

ID 432 None Open

Deadline: Not set | Assignee: **kimberly Alpizar**

Title: **Tubería de incendios choca con nivel de cielo raso**

[Open in Revit](#)

Created: **17/Oct/2018** 04:05 PM CDT | Reporter: **Katherine Soto**

ID 174 None In progress

Deadline: Not set | Assignee: **kimberly Alpizar**

Title: **Escalera eliminada**

[Open in Revit](#)

Created: **17/May/2018** 10:07 AM CDT | Reporter: **Esteban Roldan**

Date and Time
16/Oct/2018
 12:15 PM CDT

Commented by Katherine Soto

Kimberly, aun no se sabe con que se va sustituir esta escalera?

Figura 97. Ejemplo reporte de incongruencias. Fuente: (Revit, 2012-2018)

Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del proyecto Santa Ana Country Club

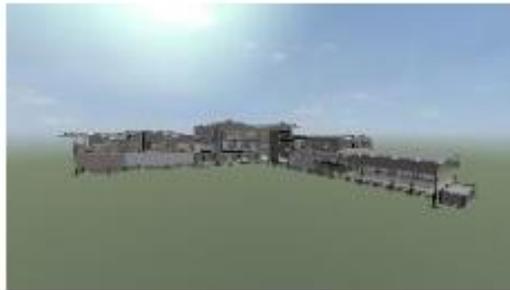
69

Apéndice 4: Reporte estado de incongruencias de Revizto.



Issues Status

Sep 20, 2018



Santa Ana Country Club

Figura 98. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)



Figura 99. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)

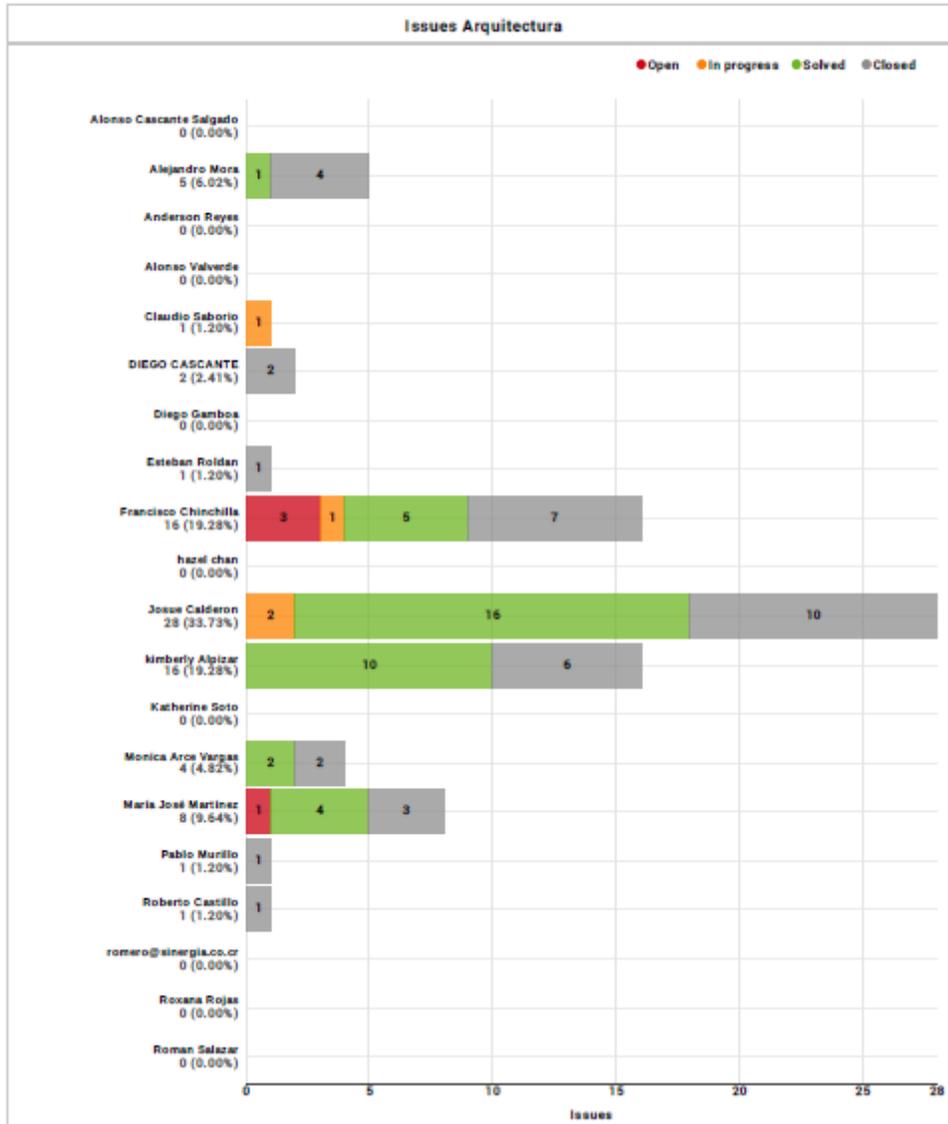


Figura 100. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)

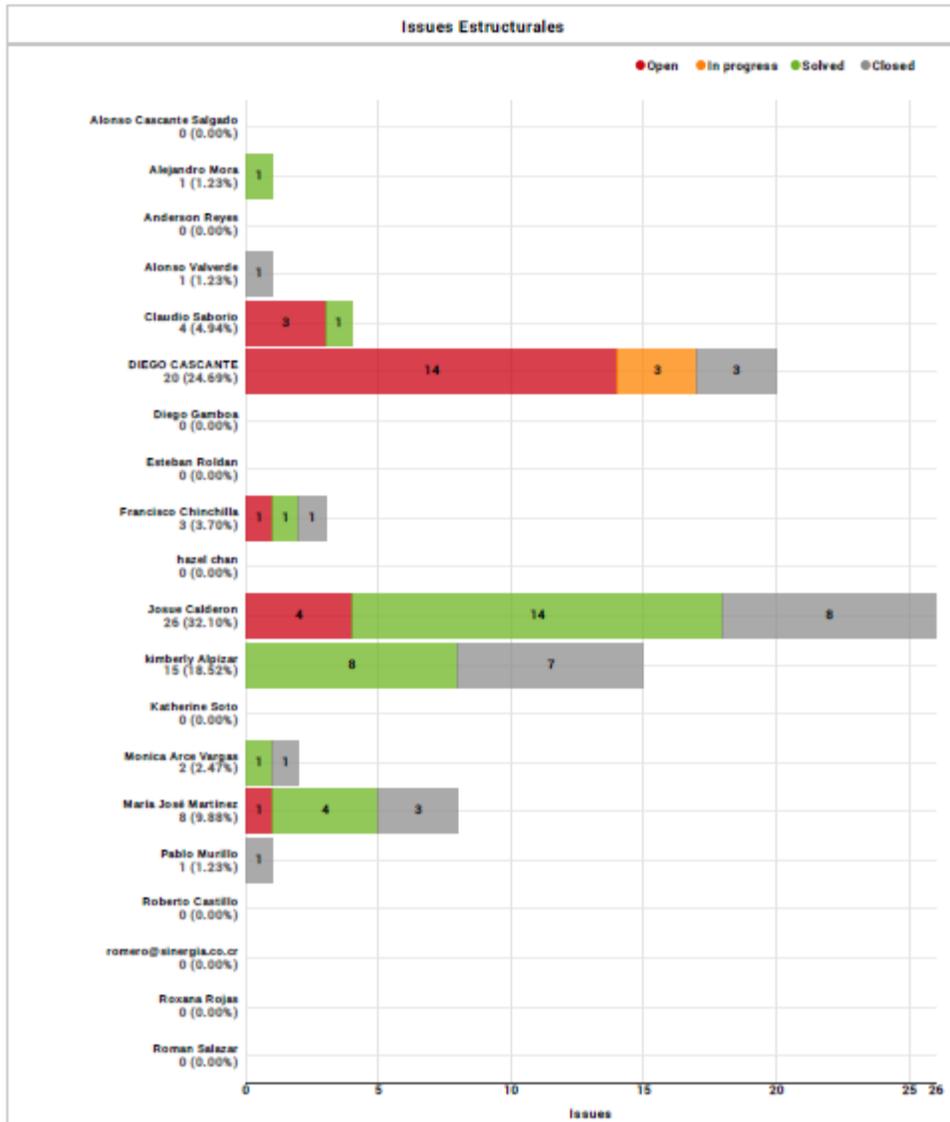


Figura 101. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)

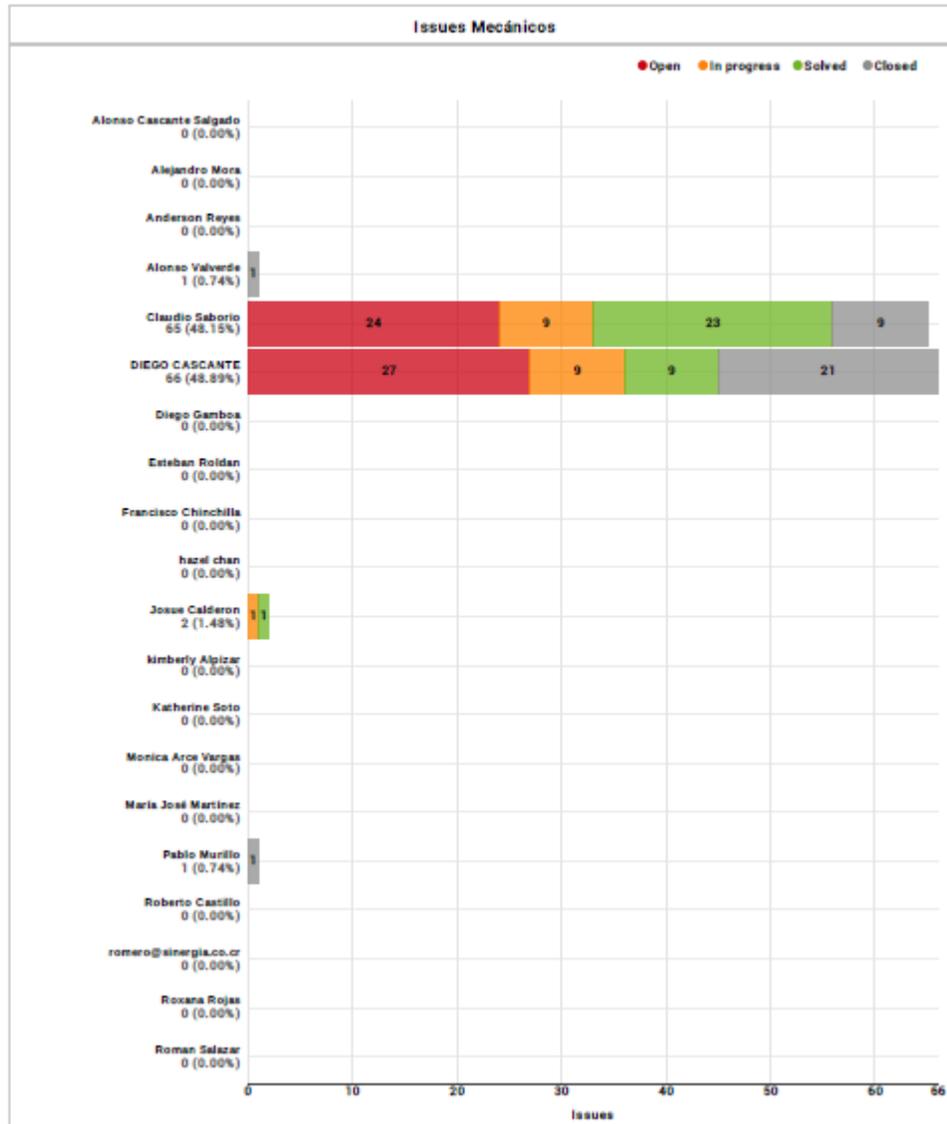


Figura 102. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)



Figura 103. Ejemplo reporte de estado de incongruencias. Fuente: (Revizto, 2012-2018)

Anexos

Anexo 1: Ejemplo plan de ejecución proyecto BIM

Anexo 1

2. CHECKLIST PARA PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO BIM

Información de proyecto	
Descripción de proyecto	
Alcance del proyecto	
Desafíos únicos de proyecto	
Partes involucradas clave	
Personal BIM clave	
Objetivos y metas de proyecto	

Objetivos y metas de proyecto	
Objetivos de proyecto	
Objetivos de partes interesadas	
Programación	
Matriz de nivel de detalle (LOD)	
Indicadores claves de desempeño (KPI)	

Trabajo Colaborativo	
Estándares de proyecto	
Coordenadas de proyectos	
Estándares de modelamiento	
Comunicación y reuniones	
Protocolos para intercambio de información	
Protocolos de validación de modelos e información	
Segregación de modelos e información	
Unidades de modelos	
Pruebas BIM	
Metodología para el cálculo de área	

Recursos y requerimientos Informáticos de proyecto	
Capacidad BIM de partes involucradas	
Ambiente de información comunitaria	
Requerimientos de Infraestructura hardware/software (Todos)	
Softwares (partes involucradas)	
Contenido específico de proyecto	

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

3. GUIA PARA PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO

3.1. Información de proyecto

3.1.1. Descripción de proyecto

Describe resumidamente el proyecto en relación a:

- Dueño del proyecto
- Nombre del proyecto
- Tipo de proyecto
- Ubicación geográfica del proyecto

3.1.2. Alcances del proyecto

Describe resumidamente los alcances del proyecto en relación a:

- Fases del proyecto
- Área aproximada del sitio
- Área bruta interna de piso
- Tipo de contrato / sistemas de entrega

3.1.3. Desafíos únicos de proyecto

Identificar cualquier condición particular del proyecto / desafíos que puedan influenciar en la manera de abordar el diseño o entregables del proyecto.

Ejemplo: Topografía complicada, Rutas de acceso limitadas, ubicación céntrica y congestionada.

3.1.4. Partes involucradas clave

Documentar todos los detalles de las partes involucradas tales como:

- Rubro compañía, Nombre, contacto

3.1.5. Personal BIM clave

Documentar la información de todo el personal BIM responsable de cada disciplina incluyendo:

- Compañía, Personal, correos electrónico, números de teléfono.
- Objetivos y metas de proyecto

3.1.6. Objetivos de proyecto

El plan de ejecución de proyecto debe documentar los objetivos globales del proyecto. Esto debe ser discutido y acordado entre todas las partes interesadas. La selección de estos objetivos dependerá de muchos factores tales como:

- Requerimientos del cliente
- Requerimiento de la parte interesada

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

- Habilidades de las partes interesadas
- Niveles de honorarios de proyecto

Puede ser de ayuda priorizar los objetivos de proyecto en primarios y secundarios.

Nota: Los objetivos de proyecto cambiarán en línea con las fases del proyecto.

3.1.7. Objetivos de partes interesadas

Junto a los objetivos del proyecto pactados, en muchas ocasiones, las partes interesadas tendrán sus propios objetivos corriendo en paralelo. Documentar estos puede promover un mejor entendimiento entre las partes interesadas hacia la metodología BIM.

3.1.8. Programación

Los objetivos y metas del proyecto irán cambiando con el avance del mismo. La programación del acordado plan de ejecución de proyecto debe ser considerada y acordada entre las partes interesadas. Documentar la programación de los objetivos con el plan de ejecución del proyecto.

3.1.9. Matriz de nivel de detalle (NDD)

Como asistencia en el intercambio y colaboración de información es recomendado que todas las partes interesadas conjuntamente desarrollen y acuerden una matriz de nivel de detalle. El propósito de la matriz es planificar y comunicar los entregables colectivos. Debe referirse a los siguientes ítems:

- ¿Quién desarrolla cada elemento?
- ¿Cuándo se desarrolla cada elemento?
- ¿A qué nivel de detalle debe modelarse cada elemento?
- ¿Quién es el responsable del modelo en cada etapa?
- ¿Cuál es el uso autorizado de cada modelo?

3.1.10. Indicadores claves de desempeño (KPI)

Los indicadores claves de desempeño (KPI) son formas para plasmar periódicamente el desempeño y efectividad del sistema del proyecto así como el de las partes interesadas individualmente. Para cuantificar el desempeño del sistema del proyecto es recomendable que los indicadores claves de desempeño estén incorporados en el plan de ejecución del proyecto.

Ejemplos: N° de interferencias detectadas, N° interferencias constructivas, cumplimiento carta Gantt, Costos, Recursos, etc.

3.2. Trabajo Colaborativo

3.2.1. Estándares de proyecto

Estándares comunes deben ser establecidos y acordados entre todas las partes interesadas del proyecto. Esto puede ser mediante estándares establecidos de la industria o puede ser en base a estándares específicos de proyecto.

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

3.2.2. Coordenadas de proyectos

Establecer coordenadas conjuntamente es esencial para un trabajo colaborativo eficiente. Esto debe ser establecido y documentado cuanto antes sea posible.

Ejemplo: Geo referenciado, Origen Localmente referenciado.

3.2.3. Estándares de modelamiento

Estándares de modelamiento comunes deben ser establecidos entre todas las partes involucradas. Algunas áreas a considerar pueden ser:

- Metodologías de modelamiento (2.5D, 3D, etc.)
- Nivel de detalle (NDD)
- Incorporación de metadatos
- Uso de las propiedades de los materiales

3.2.4. Comunicación y reuniones

Comunicación regular y eficiente es esencial para el correcto desarrollo de un proyecto bajo la metodología BIM. Para llevarlas a cabo de manera eficiente estas reuniones deben ser promovidas. La frecuencia de estas reuniones puede variar a medida que el proyecto avanza sin embargo no deben descuidarse.

Adicionalmente especial consideración debe darse a la ubicación de trabajo de las partes interesadas, potenciar y promover la unidad de estos. Esto ha demostrado mejoras en la comunicación y aporta a la colaboración efectiva.

3.2.5. Protocolos para intercambio de información

El intercambio regular de información es parte esencial de un proyecto bajo la metodología BIM. Todas las partes interesadas deben establecer en acuerdo protocolos de intercambio de información. Esto debe incluir lo siguiente:

Métodos de intercambio de información (Ambiente de intercambio / Área de intercambio temporal / Accesos directos)

Uso de información como "trabajo en progreso"

Formato de intercambio de información acordado

Convención para el nombramiento de archivos

3.2.6. Protocolos de validación de modelos e información

Todas las partes interesadas deben tener implementados procesos adecuados para la validación de la información en los modelos, tanto para emisión como recepción de información. Adicionalmente cada parte interesada debe tener confirmaciones instantáneas de que estos procedimientos están siendo utilizados.

Documentación para transmisión de modelos

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

Documentación para validación de modelos

3.2.7. Segregación de modelos e información

Proyectos BIM regularmente requieren de segregación de la información en unidades de tamaño manejable. Esto puede hacerse de diferentes maneras pero debe ser única por proyecto. Describa y diagrame como será subdividida la información del modelo.

Por ejemplo: N° de modelos por disciplina, Subdivisiones de áreas de trabajo claves dentro de cada modelo, Detalle de modelos anidados dentro de cada sub modelo, Detalle del tipo de anidamiento (sobre puesto o insertado).

3.2.8. Unidades de modelos

Un sistema de unidades común debe ser establecido y acordado entre todas las partes interesadas. Esto puede tomar mucha importancia al trabajar con entidades internacionales.

Por ejemplo: Métrico / Imperial

3.2.9. Pruebas BIM

Como parte de la planificación de metodologías para el intercambio de información puede ser beneficioso probar dichos flujos de trabajo antes de comenzar los modelos reales de proyecto. Este proceso puede establecer las formas más eficientes de intercambio de información colaborativo así como reducir el riesgo de problemas más adelante en el proceso.

3.3. Recursos y requerimientos Informáticos de proyecto

3.3.1. Capacidad BIM de partes involucradas

Es esencial que la capacidad BIM de las partes interesadas tenga relación con los requerimientos BIM definidos. De haber una brecha entre ambas, el nuevo curso de acción debe ser revisado acordado entre todas las partes. Esto puede incluir:

- Revisar los acordados entregables para que se ajusten a las capacidades técnicas de los equipos.
- Identificar y consensuar requerimientos y cronograma de entrenamiento de las partes interesadas.
- Subcontratar las capacidades requeridas

3.3.2. Ambiente de información comunitaria

El intercambio de información entre las partes interesadas es un factor común en la ejecución de un proyecto BIM exitoso. Como tal, es importante establecer un ambiente común para el intercambio de información tan pronto como sea posible. Ejemplos de ambientes comunes de información son:

Redes internas, portales en línea, herramientas para el uso de la nube.

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

3.3.3. Requerimientos de Infraestructura hardware/software (Todos)

Reiteradamente los entregables BIM tienen requerimientos de infraestructura de hardware y tecnología asociados. Es de suma importancia reconocer esto y entender para asegurar que la requerida infraestructura puede ser provista por las partes interesadas. Ejemplos de esto son:

Computadores para trabajo pesado (workstations), conectividad adecuada (interna y externa), hardware basado in situ (Estaciones totales, puntos de acceso, etc.)

3.3.4. Softwares (partes involucradas)

Gran consideración debe ser dada a la compatibilidad de los softwares entre partes interesadas. Particular atención a las herramientas para la creación de elementos. Cualquier problema o comentario sobre la compatibilidad debe ser documentado. Flujos de trabajo específicos pueden ser necesarios desarrollar para sobreponerse a problemas de compatibilidad ya conocidos.

3.3.5. Contenido específico de proyecto

Establecer si es requerido contenido específico está disponible. Esto puede ser en formato de una librería acordada de objetos del cliente, información específica del proveedor o única para el proyecto. En la ausencia de un contenido BIM pre configurado es prudente destinar recursos para la creación de librerías de contenido adecuadas. Consideración especial debe destinarse al hecho que los requerimientos para el contenido BIM pueden cambiar junto a las diferentes etapas del proyecto.

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

3.4.USOS BIM

A continuación se muestra un listado de los usos BIM. Usos adicionales pueden ser agregados en la lista libremente.

Usos BIM	Primario	Secundario
Programación para mantención de edificios		
Análisis de sistemas de edificios (operacional).		
Administración de activos		
Monitoreo y planificación zonal		
Planificación de desastres		
Modelo "as built"		
Modelado de condiciones existentes		
Análisis energético		
Análisis Ingenieril		
Análisis estructural		
Análisis de luminosidad		
Análisis mecánico		
Otros análisis		
Evaluación de sustentabilidad		
Validación de códigos		
Programación		
Estimación de costos		
Fabricación digital		
Planificación y control 3D (Digital Layouts)		
Visualización		
Diseño por autor		
Revisiones de diseño		
Planificación de fases (4D)		
Coordinación 3D		
Planificación para utilización de sitio		
Análisis de sitio		
Diseño constructivo de sistemas (Maquetas virtuales)		

Anexo 1. Plan de ejecución proyecto BIM. Fuente: (AEC Shift, 2014)

Referencias

- AEC Shift. (2014). Plan de ejecución proyecto BIM.
- AUTODESK. (2014). *Libro de ejercicios para implementar proyectos piloto de BIM*. San Rafael, CA 94903, USA: 111 McInnis Parkway.
- AUTODESK BIM 360. (2018). *Project Delivery y Construction Management Software Connecting Design & Construction*. Obtenido de <https://bim360.autodesk.com/>
- Autodesk Building Solutions. (2013, Mayo 13). What's new in Autodesk BIM 360 Glue [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=YL6dKMpXE5U>
- BIMcollab. (2018). Issue management platform. Obtenido de <https://www.bimcollab.com/en/BIMcollab/BIMcollab>
- Brugarolas, S. A. (2016). *Implementación de metodología BIM en el project management*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/103199/TFG%20Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- building SMART. (2014). *¿Qué es BIM?* Obtenido de <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Cidik, M. S. (2014). *Birmingham city university*. Obtenido de What does the "I" in BIM mean?: <http://blogt.bcu.ac.uk/bsbe/what-does-the-i-in-bim-mean/#more-276>
- Despacho Ingeniería Proyectos. (2010). *AS BUILT*. Obtenido de <http://dipingenieria.com/proyecto-ingenieria/as-built/>
- EDITECA. (2018). *El BIM en Latinoamérica*. Obtenido de <https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/>
- GRAPHISOFT. (2018). *Open BIM*. Obtenido de Porqué debería cambiar de CAD a BIM?: https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/
- Guardia, J. [Juan Carlos Guardia]. (2017, Agosto 20). Para qué sirve BIM 360 Layout [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wY67TUALWRw>
- Murillo, P. (2018). Implementación de BIM en Edificar. (R. Rojas, Entrevistador)
- Profile Consulting Group. (2017). *BIM 360*. Obtenido de <http://www.pcg.com.pe/blog/bim-360>
- Revista Summa. (2018). *Costa Rica: Santa Ana Country Club alcanza 50% de progreso en sus obras*. Obtenido de <http://revistasumma.com/costa-rica-santa-ana-country-club-alcanza-50-de-progreso-en-sus-obras/>
- Revizto. (2012-2018). Obtenido de <https://revizto.com/es/>
- Revizto. (2012-2018). *Guía de Usuario Revizto*. Obtenido de https://help.revizto.com/es/user_manual/help_index
- Roense, E. (2016). DoBIM. Obtenido de Seguimiento de incidencias a través de archivos BCF: <http://www.dobim.es/seguimiento-de-incidencias-a-traves-de-archivos-bcf/>