

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

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

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GUSTAVO ADOLFO
ROJAS MOYA
(FIRMA)
Fecha: 2020.08.13
20:17:55 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

ANA GRETTEL
LEANDRO
HERNANDEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por
ANA GRETTEL LEANDRO
HERNANDEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.08.13 16:51:49
-06'00'

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández.
Profesora Guía

GIANNINA
ORTIZ
QUESADA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
GIANNINA ORTIZ
QUESADA (FIRMA)
Fecha: 2020.08.14
08:49:39 -06'00'

Ing. Giannina Ortiz Quesada.
Profesora Lectora

MILTON
ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por MILTON
ANTONIO SANDOVAL QUIROS
(FIRMA)
Fecha: 2020.08.14 12:21:19 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Observador

Metodología de manejo de datos de rendimientos con el uso de Synchro Pro para un análisis BIM en 4D y 5D

Abstract

This project details the process necessary to develop a user manual that allows the development of a project in Synchro Pro, through the integration of work performance and data extraction. The Synchro Pro program belongs to the software branch of the 4D and 5D dimensions of BIM methodology, which allows linking the 3D model to the project schedule.

The process for the construction of the manual starts from a diagnosis of the company Blue AEC Studio, which includes a study of the working model and the BIM tools used. Likewise, the integration of the professionals involved in the BIM process, both design and construction, and the collaboration and communication between them is analyzed. In addition, the resources to be included in the project and the linking processes between the Revit, MS Project and Synchro Pro software are listed.

The use of Synchro Pro allows to improve the efficiency, the planning of the construction projects to which the consulting service is provided by the company Blue AEC Studio.

The manual lists the key procedures to create a 4D project, so that it works in a standardized way and it is possible to simulate in Synchro Pro the real constructive process of a project considering the human resources, equipment and other variables that intervene in this.

In this work it is possible to conclude how Synchro is a tool that allows a simple work. Likewise, it is concluded that the manual presented has the necessary topics to develop a 4D project in Synchro Pro that involves work performance, and how the export of the project allows monitoring on site.

Keywords: *performance, control, time, BIM, building information modeling, collaborative integrated project delivery*

Resumen

En este proyecto se detalla el proceso necesario para desarrollar una metodología que guíe el proceso para la elaboración de un proyecto en Synchro Pro, mediante integración de rendimientos y la extracción de datos. El programa Synchro Pro pertenece a la rama de softwares de las dimensiones 4D y 5D de la metodología BIM, que permite vincular el modelo 3D al cronograma del proyecto.

El proceso para la construcción del manual parte de un diagnóstico de la empresa Blue AEC Studio, el cual incluye un estudio del modelo de trabajo y de las herramientas BIM utilizadas. Asimismo, se analiza la integración de los profesionales involucrados en el proceso BIM, tanto de diseño, como de construcción, y la colaboración y comunicación entre ellos. Además, se enlistan los recursos a incluir en el proyecto y los procesos de vinculación entre los softwares Revit, MS Project y Synchro Pro.

El uso de Synchro Pro permite mejorar la eficiencia, la planificación de los proyectos de construcción a los que presta el servicio de consultoría la empresa Blue AEC Studio.

El manual enlista los procedimientos clave para crear un proyecto 4D, de modo que se trabaje de manera estandarizada y se logre simular en Synchro Pro el proceso constructivo real de un proyecto considerando los recursos humanos, de equipos y otras variables que intervienen en este.

En este trabajo se logra concluir como Synchro es una herramienta que permiten un trabajo sencillo. Asimismo, se concluye como el manual presentado cuenta con los temas necesarios para desarrollar un proyecto 4D en Synchro Pro que involucre rendimientos de trabajo, y como la exportación del proyecto permite dar un seguimiento en el sitio.

Palabras clave: *rendimiento, control, tiempo, BIM, modelado de la información en la construcción, colaborativo, entrega integrada de proyectos*

Metodología de manejo de datos para medición de rendimientos con el uso de Synchro Pro para un análisis BIM en 4D y 5D

ALISON JUSTINE PATTERSON EDMOND

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

Julio del 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	3
INTRODUCCIÓN	5
ALCANCES Y LIMITACIONES	7
MARCO TEÓRICO	8
METODOLOGÍA.....	22
RESULTADOS	25
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	73
CONCLUSIONES	82
RECOMENDACIONES	84
APÉNDICES.....	85
ANEXOS	87
REFERENCIAS.....	94

Prefacio

Las obras de construcción involucran una serie de aspectos a controlar para desarrollar un proyecto que cumpla con las especificaciones y solucione las necesidades del cliente o la sociedad dentro de un plazo o el costo predefinido. Dentro de estos aspectos se pueden citar los materiales, los equipos y la mano de obra, los cuales se deben controlar con gran precisión para disminuir el nivel de incertidumbre en el costo del proyecto.

Asimismo, un proyecto se debe planificar con precisión, de modo que el plazo de construcción se ajuste a la duración real de las actividades según los rendimientos de mano de obra y disponibilidad tanto de esta última como de los equipos y materiales, esto para evitar atrasos, así como un costo incrementado del proyecto.

La programación de los proyectos en construcción es uno de puntos débiles, ya que de manera tradicional la planificación del cronograma se basa en la experiencia del contratista, lo que se da lugar a datos erróneos, que pueden llevar a atrasos y sobrecostos.

El desarrollo y aplicación de nuevas metodologías, utilizadas actualmente en diversos países de primer mundo, permite ajustar los cronogramas, estudiando con mayor detenimiento las actividades y con ello disminuir las demoras.

Dentro de dichas metodologías destaca la metodología BIM ('Building Information Modeling'), la cual consiste en construir modelos digitales en tres dimensiones como representación de un proyecto, lo cual se da tanto de manera visual, como en el almacenaje de información del proyecto.

Los proyectos bajo la metodología BIM involucran las diversas disciplinas presentes en un proyecto constructivo, de modo que uno de sus principales pilares es la colaboración entre disciplinas.

En esta metodología se utilizan plataformas donde la información del proyecto, las especificaciones y, en especial, el modelo 3D es compartido por diversos profesionales y demás involucrados. Por lo que, es importante estudiar la comunicación y colaboración entre las disciplinas, así como la distribución de las responsabilidades.

La empresa Blue AEC Studio ve la necesidad de contar con un programa que permita definir las duraciones de cada actividad con mayor precisión, basada en los rendimientos de mano de obra y de equipos, para construir un cronograma acertada.

En conjunto, la empresa desea que dicho cronograma relacione cada actividad a los elementos constructivos del modelo 3D, de modo

que se pueda visualizar el proceso constructivo del proyecto, y de esta manera estudiar conflictos con el diseño y la logística del sitio. Con lo cual se ve la necesidad de implementar el uso de Synchro Pro en empresas constructoras y consultoras.

Synchro Pro es una herramienta BIM que permite llevar el control del cronograma de obra y los costos asociados, lo cual se logra mediante el almacenaje de datos y la vinculación de un modelo 3D a las actividades programadas.

El uso de esta herramienta para empresas consultoras que trabajan con la metodología BIM, como lo es la empresa Blue AEC Studio, resulta una necesidad, ya que su implementación permite reducir costos y aumentar la eficacia en el trabajo.

Para integrar el uso de Synchro Pro en Blue AEC Studio se decidió desarrollar un manual que permite el uso eficaz de la herramienta Synchro Pro, al involucrar rendimientos y estudiar como estos afectan el cronograma de obra.

En este manual se detallan los pasos a seguir para desarrollar un proyecto 4D en Synchro Pro que permita llenar las necesidades de Blue AEC Studio, donde se incluye el manejo de herramientas BIM de los colaboradores de la empresa y su integración a Synchro Pro, las características de los proyectos que maneja la empresa y la colaboración de las disciplinas.

Agradezco a mis padres por impulsarme y motivarme a cumplir mis metas con el ejemplo de su lucha y su esfuerzo. Gracias por confiar y creer en mí y en mi carrera profesional, gracias por ser mi inspiración y mi más grande apoyo. Gracias por cada consejo y cada palabra que ha servido de guía durante mi vida.

Agradezco enormemente a la profesora Ana Grettel Leandro, por guiarme, incentivarme y apoyarme en la elaboración de este proyecto. Agradezco también a los distintos profesores quienes con su conocimiento y experiencia impulsaron mi crecimiento personal y profesional.

Asimismo, agradezco a Johnny Mora y Juan Carlos Briceño, managers de Blue AEC por darme la oportunidad de elaborar este proyecto en la empresa. Igualmente, a César Jiménez, Hellen Benavides, Jose Gabriel Vargas, Alejandro Sáenz y Felipe Saavedra por atender mis consultas.

Resumen ejecutivo

Dedico el presente trabajo a mis padres que me han guiado en la vida y en mi carrera profesional, con gran sacrificio, apoyo y amor que me han permitido cumplir mis metas. Son quienes me formaron con el ejemplo para alcanzar mis metas.

También, dedico este trabajo a todas las personas que conocí en esta etapa de mi vida, a mis amigos y compañeros, quienes me acompañaron y me dieron su apoyo cuando más lo necesité.

El presente proyecto responde a la necesidad de implementar el uso de la herramienta Synchro Pro en la planificación de obra como parte de los procesos BIM que maneja la empresa Blue AEC Studio en sus servicios de consultoría. El uso de este programa se proyecta para otorgar asistencia a las empresas que desean incrementar la eficiencia en los proyectos con el uso de procesos BIM.

Las empresas a las que se les presta el servicio están encargadas del diseño y/o la ejecución de proyectos de construcción, por lo que la revisión del cronograma por medio de un software BIM permite reducir conflictos en el

desarrollo del proyecto y con ello disminuir el incremento del costo del proyecto.

Con el objetivo de desarrollar un manual que permita el uso de Synchro en la empresa y estandarizar los procesos dentro de la herramienta por sus colaboradores es necesario estudiar los servicios que presta la empresa, por lo cual se estudian los procesos de la empresa y la formación de los colaboradores en procesos BIM. Debido a ello, el primer objetivo del proyecto consistió un diagnóstico de los procesos y herramientas utilizadas por la empresa para el control de costos y de la programación de obra. Para lograrlo fue necesario reconocer el método de trabajo de la empresa Blue AEC Studio y realizar una entrevista y una encuesta a los trabajadores de la empresa.

BIM es una metodología colaborativa, que involucra las diversas disciplinas presentes en un proyecto de construcción dentro de sus procesos, por lo que es de importancia estudiar los métodos de comunicación utilizados por la empresa, así como herramientas que permitan crear acuerdo de colaboración entre las partes. Lo anterior conduce al segundo objetivo, el cual se centró en un análisis de los involucrados en los proyectos BIM mediante la dirección del proyecto integrado (IPD). Para ello

se estudia la colaboración entre los equipos y la relación de la empresa con la construcción. En esta sección fue necesario realizar una entrevista a unos de los socios de la empresa y a un trabajador.

En el proyecto en Synchro es importante enlistar los recursos para realizar el proyecto, esto mediante el cronograma de obra. Los recursos deben caracterizarse y diferenciarse dentro de Synchro estableciendo la manera en que serán visualizados en el proyecto 4D. Por ello, el tercer objetivo consiste en establecer los recursos de un proyecto según las necesidades de la empresa, y relacionar estos al cronograma mediante la vinculación del modelo 3D.

Por último, como producto final de este proyecto se obtuvo el manual de uso de Synchro Pro, esto basado en los métodos de trabajo de la empresa y las pruebas de diversos proyectos en Synchro. Eso último se realizó como parte del cuarto objetivo, donde se estudió la estandarización del trabajo de modelado y de simulación BIM 4D de un proyecto de construcción, así como la manera de trabajar en la herramienta Synchro Pro.

Para utilizar Synchro en una empresa, la misma debe brindar capacitación a los miembros para estandarizar el proceso de modelado, sin embargo, existe un limitante para aprender el uso del software, el cual es la poca información sobre el mismo en páginas web. Existen cursos en línea, sin embargo, esto resultan costosos.

La inclusión de recursos de equipos y mano de obra en Synchro es eficaz y puede conllevar una serie de ventajas, tanto para el proyecto de construcción, como para los profesionales a cargo de este. El programa permite llevar un control de la programación con ayuda de la visualización del proyecto, lo cual puede ayudar a disminuir los errores en la programación y los choques en el sitio, debidos a una logística de obra desactualizada. Sin embargo, en la asignación de costos no se presentan las mismas ventajas, dado que el programa no relaciona los costos de los recursos con los costos de la tarea, lo que lleva a realizar el proceso a mano y aumentar la aparición de errores.

El manual obtenido en este trabajo cumple con los criterios para crear un proyecto 4D en Synchro Pro, que involucre rendimientos de trabajo, de modo que se incluyen la vinculación entre programas, la descripción de la herramienta y temas relacionados que permiten visualizar un proyecto a lo largo del tiempo por medio de una simulación.

El programa, mediante la exportación de animación e imágenes permite llevar el seguimiento de obra desde la planificación en oficina hasta la revisión en el sitio de construcción.

Introducción

El presente proyecto contiene los resultados de la Práctica profesional dirigida realizada en la empresa Blue AEC Studio. El proyecto tuvo como objetivo principal desarrollar un manual para la extracción de datos de rendimientos con el uso plataformas 4D y 5D de la metodología BIM en la herramienta Synchro Pro.

Este manual responde a la necesidad de contar con un programa que permita controlar la programación de obra y observar la secuencia constructiva de un proyecto. Esto teniendo en cuenta que, para obtener un proyecto de construcción exitoso, se debe asegurar un seguimiento de obra correcto y a tiempo, de modo que este pueda controlarse y resulte un trabajo económico, y sin atrasos en cronograma.

En los proyectos de construcción tradicionales se utilizan softwares para la elaboración del cronograma y de un Diagrama de Gantt para su análisis, lo que permite el control de la programación; sin embargo, estos programas pueden resultar ineficientes en proyectos que involucran gran cantidad de recursos.

La metodología BIM permite atacar dichos inconvenientes en la programación de obra, de modo que mediante softwares 4D se logre visualizar el proyecto y su secuencia constructiva. Esto permite llevar un mejor control de obra y analizar las interferencias entre los recursos y prevenir interrupciones.

La empresa Blue AEC Studio ve la necesidad de estudiar el programa Synchro con la integración de rendimientos de mano obra y equipo, para así darle un fin práctico a esta investigación.

Objetivo general

Desarrollar un manual para la extracción de datos para medición de rendimientos con el uso plataformas 4D y 5D de la metodología BIM en la herramienta Synchro.

Objetivos específicos

- 1) Realizar un diagnóstico de los procesos y herramientas utilizados por la empresa para el control de costos y de la programación de obra.
- 2) Realizar un análisis de los involucrados en los proyectos BIM mediante la dirección del proyecto integrado (IPD).
- 3) Establecer los recursos propios de un proyecto según las necesidades de la empresa en cuanto a cronograma y costos para la vinculación del modelo 3D con la herramienta Synchro Pro.
- 4) Establecer un manual de uso que permita estandarizar el trabajo de modelado y de simulación BIM 4D en la herramienta Synchro Pro, correspondiente a un proceso constructivo real.

Este proyecto parte de la realización de un diagnóstico de los procesos y herramientas utilizados por la empresa Blue AEC Studio para el control de costos y de la programación de obra. En esta sección se identifica el modelo de trabajo de la empresa, las herramientas BIM utilizadas por esta, y los roles y funciones de los trabajadores de la empresa.

Seguidamente, se realiza un análisis de los involucrados en los proyectos BIM de la empresa mediante la dirección del proyecto integrado (IPD), esto estudiando la colaboración y la comunicación entre las partes involucradas en un proyecto de construcción, incluyen subcontratistas y proveedores. Asimismo, se identifica la formación BIM de los trabajadores.

Con el propósito estudiar los recursos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción, se define el objetivo de enlistar los recursos, su tipo y sus características, de acuerdo con las necesidades de la empresa. Para ello se realiza el cronograma de obra para un proyecto actual de la empresa, y se enlistan los recursos necesarios para el desarrollo de cada tarea. Además, se inscriben los perfiles de apariencia de los recursos para su visualización en Synchro Pro y se establece un proceso de vinculación del modelo 3D con la herramienta Synchro Pro.

Como último objetivo se establece la elaboración de un manual de uso que permita estandarizar el trabajo de modelado y de simulación BIM, que incluya la integración de rendimientos en el cronograma en 4D en la herramienta Synchro Pro.

El manual incluye dentro de sus capítulos la importación de archivos desde el programa de Autodesk Revit, y su vinculación con Synchro Pro. Igualmente, se detalla el ambiente de trabajo en Synchro Pro, las características de visualización de los proyectos 3D dentro del software, la vinculación 3D con el cronograma, donde se involucra la integración de las tasas de rendimientos de trabajo. Por último, se incluyen la sincronización de documentos y el manejo de un proyecto 4D.

En comparación con otros documentos realizados como manual de la herramienta, como el SYNCHRO Pro Basic Training, se puede concluir que el manual presentado cuenta con los temas necesarios para desarrollar un proyecto 4D en Synchro Pro que involucre rendimientos de trabajo.

Alcances y limitaciones

Tanto el diagnóstico de la empresa, como el estudio de los procesos y las herramientas, se limitó a la información suministrada por los trabajadores de la empresa y la disposición de estos en colaborar con la realización de las encuestas y entrevistas. Asimismo, por la variación de los servicios que presta la empresa y los diversos métodos de contratación.

El análisis de involucrados se limitó al poco contacto con empresas constructoras, clientes o subcontratistas. Oportunamente, se comunicó a la empresa la importancia del contacto con los involucrados, sin embargo, se evidenció la poca relación con los profesionales en campo.

El uso de la herramienta Synchro Pro se limitó considerando la licencia de uso de esta, dado que la instalación y los permisos solo se brindan a un costo. Para dicho programa se puede solicitar licencia de estudiante; no obstante, las instituciones educativas deben solicitar el programa. En este caso la empresa cuenta con la licencia del programa, aunque debe asegurar que la instalación de esta sea rigurosa.

BIM, por ser una metodología relativamente nueva, cuenta con pocos usuarios a nivel mundial y poco material de ayuda, a pesar de

los tutoriales de cada programa computacional. Actualmente, Synchro Pro cuenta con una tutorial escrito, así como una serie de videos en la plataforma Youtube, no obstante, estas herramientas de ayuda no abarcan, en gran medida, los alcances de la aplicación.

En la búsqueda de métodos para utilizar la aplicación, la ayuda que ofrece es limitada, sobre todo al compararla con otras aplicaciones con mayor uso, las cuales presentan plataformas de preguntas frecuentes o comunidades de usuarios. La herramienta Synchro posee una comunidad de usuario pequeña, y la respuesta a inconvenientes resulta ineficaz.

Debido a lo anterior, el proceso de aprendizaje en Synchro resulta complicado, y de presentarse algún problema se tienen pocas herramientas de ayuda a las cuales acudir.

Marco teórico

Metodología BIM

‘Building Information Modeling’, o BIM por sus siglas, es una herramienta de trabajo del sector construcción que permite integrar la información de un proyecto constructivo por medio de diversos programas de software, de modo que se logre construir una simulación inteligente del proyecto.

Cada sigla describe una parte del modelo de trabajo, donde se define la B como el edificio, la I como información y la M como el modelado, esto de acuerdo con su traducción, por lo que puede ser traducido como “Modelo de la Información de la Edificación”. Se define BIM como herramientas, procesos y tecnologías que están facilitadas por una documentación digital e inteligible por la máquina acerca de una edificación. (Eastman, C. 2011)

La parte de ‘Building’ se refiere al proyecto, sea este un edificio o cualquier otro tipo de proyecto de infraestructura. En esta metodología se incluye todo el ciclo de vida del proyecto, desde su fase de diseño y la ejecución, hasta la fase de mantenimiento y operación, incluyendo también la fase de renovación. La sección de ‘Information’ detalla toda la información pertinente para el desarrollo del proyecto, en esta sección se incluyen planos,

especificaciones, presupuesto, planificación, características de los elementos constructivos, reportes, entre otros. Por último, en el ‘Modeling’ se representa el proyecto, este será un modelado en tres dimensiones, en el cual se unirán las diversas áreas o profesiones que comprenden un proyecto, como lo es la arquitectura, estructura, ingeniería mecánica y eléctrica, entre otras.

Un modelado BIM es “una representación digital de la características físicas y funcionales de una instalación”. BIM “es un recurso de conocimiento compartido para obtener información que constituye una base confiable para la toma de decisiones durante su ciclo de vida.” (National Building Information Model Standard Project Committee, 2019).

También, se puede definir como un conjunto de metodologías, tecnologías y estrategias que contribuyen a la planificación, diseño y la construcción y operación de un proyecto de infraestructura.

En resumen, se puede decir que la tecnología BIM permite, mediante el trabajo colaborativo, la construcción de proyectos de infraestructura, con una gestión a lo largo del ciclo de vida del proyecto mediante la centralización de la información en un modelo que incluye modelos de diferentes disciplinas.

Dimensiones BIM

La metodología BIM se clasifica en siete dimensiones, las cuales describen las etapas del proyecto, como lo es el diseño, la gestión, considerando la administración de recursos y la planificación del proceso constructivo, así como el mantenimiento y desmantelamiento de la obra, donde se comprende la programación, el diseño conceptual y en detalle, los materiales utilizados, costos y la logística de construcción, esto a como se muestra en la **Figura 1**.



Figura 1. Representación de las dimensiones BIM

Fuente: BibLus, 2020.

Las dimensiones BIM se clasifican en las siguientes dimensiones:

1. Concepto o idea (1D): Idea inicial de la que parte el proyecto. En este se estudia la localización del proyecto y las condiciones iniciales del proyecto, como servicios a

brindar, necesidades a cubrir o áreas deseadas. Además de ello, se incluye la geometría del proyecto y el presupuesto base del cliente.

2. Diseño y documentación (2D): En esta se determinan las características del proyecto donde se desarrolla el diseño conceptual y el diseño detallado. Para esto, se plantean los materiales, se realiza el estudio de cargas estructurales, entre otros procesos. Aunado a ello, se realiza la documentación, la cual consiste en los planos constructivos, las representaciones gráficas de elementos y las especificaciones técnicas.
3. Modelo gráfico tridimensional (3D): Este modelo consta de una visualización en tres dimensiones que contiene la información geométrica del proyecto. Contando con la ubicación y dimensiones de los espacios y elementos, el detalle de materiales, los sistemas electromecánicos, en esta etapa se realiza también, la coordinación entre disciplinas y planos.
4. Información de tiempo y espacio (4D): En esta se realiza la planificación temporal y espacial de las fases del proyecto, incluyendo la programación, la simulación y logística del proceso constructivo. En esta dimensión se observa el cambio más diferenciado, ya que permite el uso de la metodología, donde se puede destacar la dinámica que se obtiene al simular el proceso constructivo.

5. Información y control de costos (5D):
Análisis y estimación de gastos del proyecto, donde se da el control de los costos generando flujos de caja, informes presupuestarios y simulaciones del movimiento de materiales a medida que avanza el proyecto. Se destaca que esta dimensión está ligada directamente con la dimensión 4D.
6. Análisis de sostenibilidad ambiental (6D):
Análisis energético dentro del proyecto, donde se realiza el planteamiento y la simulación de alternativas energéticas estudiando la evaluación del impacto energético, así como el seguimiento LEED y RESET.
7. Gestión del ciclo de vida (7D): En esta se estudia la información del proyecto a lo largo de su ciclo de vida. El software de modelado, de acuerdo con el nivel de detalle, almacenará las características de los elementos del proyecto, así como considerará dimensiones finales, los costos resultantes y los planes de mantenimientos. De esta forma, se logra realizar un modelo 'As-Built' que muestre el producto final obtenido, en caso de que hubiera cambios en dimensiones o en espacios. Además, al incluir planes de mantenimiento, se logra realizar la estrategia de mantenimiento, reparación u operación, tanto del edificio o proyecto de infraestructura como de los equipos. Por último, considera también planes de renovación o demolición.

Implementación en el mundo y en Costa Rica.

La situación actual de la metodología BIM en el mundo es muy diferente según el país en estudio. Los procesos BIM se han posicionado de diversas maneras en una serie de países, puesto que en muchos es una nueva manera de trabajo y en otros ya son procesos usuales y hasta obligatorios en procesos de licitación. Por lo que, a continuación, se presenta un pequeño resumen de la situación de los países con mayor presencia de BIM.

Países escandinavos (Suecia, Dinamarca, Noruega) y Finlandia: Se caracterizan por ser los países más involucrados en avances BIM, sabiendo que se empezó a utilizar BIM en el año 2000, siendo obligatorio en Dinamarca y Finlandia en 2007, y en Noruega en el 2010.

Estados Unidos de América: Este país se presenta como el experto en su uso, siendo los líderes en BIM. Desde el año 2008, se requiere la presentación de los proyectos del gobierno en BIM. Desde el año 2010, se han presentado diversas guías de trabajo y estándares a respetar para el uso de la metodología en el país.

Reino Unido: En el 2016, se establece carácter obligatorio en el uso de BIM para proyectos del sector público.

Alemania: En 2014, se publica una guía de trabajo BIM para los interesados en su uso, la cual aparece como recomendaciones no obligatorias. Este país se ha centrado en el uso de BIM en proyectos públicos para un uso eficiente de los fondos.

España: En el año 2015, se forma la Comisión BIM para fijar exigencias para la administración pública, de modo que se dé un aumento de la productividad y disminuir el gasto.

China: Se ha impulsado el uso de BIM para reducir los costos en los proyectos y mejorar en conciencia ambiental. Por lo que se han publicado guías de recomendación.

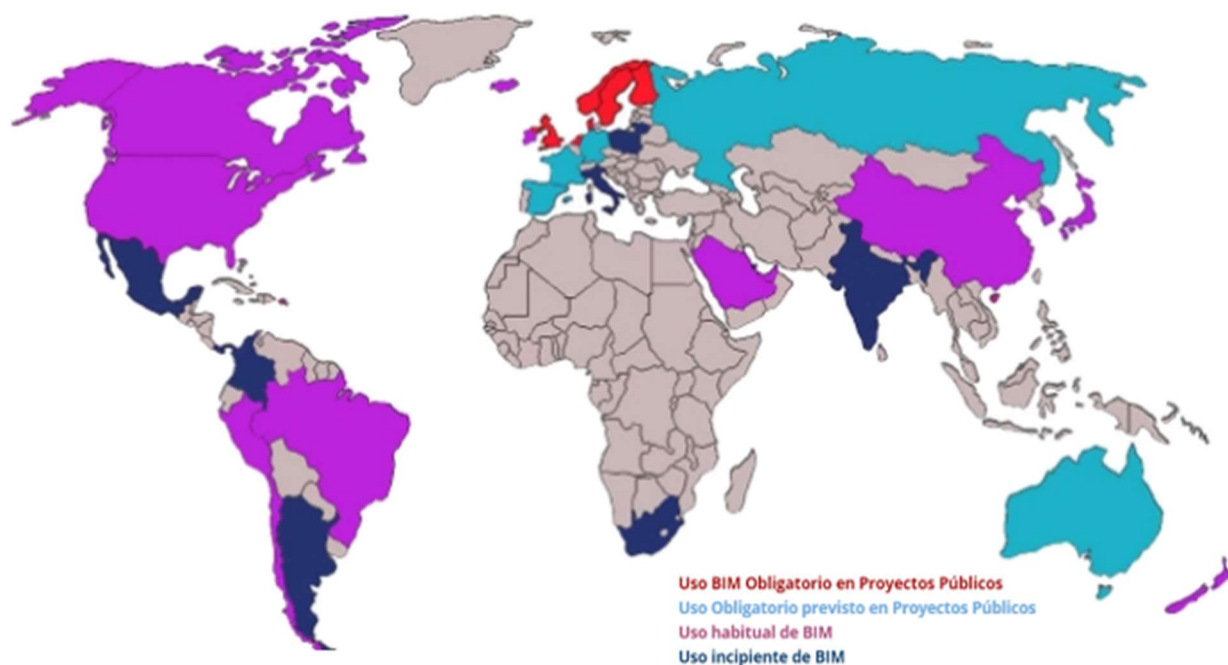


Figura 2. Mapa de implantación BIM en el mundo.

Fuente: Building Smart, 2016.

Se observa como los países con mayor avance de implementación BIM son europeos, o países como Canadá y Estados Unidos, de acuerdo con la Figura 2. Sin embargo, en los últimos años, países latinoamericanos como Brasil, Chile y Perú han avanzado en gran medida respecto a su uso. Se han dado avances lentos y desequilibrados en BIM en América Latina, ya que son pocas las empresas que utilizan esta metodología.

Chile es uno de los países con mayor auge en la región: los centros de estudio han

integrado los programas BIM y brindado capacitación a los estudiantes, teniendo como meta para el año 2020 implementar BIM en proyectos públicos.

En el caso de Costa Rica, se dice que el uso de la metodología se encuentra en desarrollo, pues se presentan empresas que han integrado BIM en los últimos años, y han impulsado su uso en el país. Sin embargo, se sabe que es un proceso lento, el cual debe verse apoyado por universidades e institutos educativos, esto con el fin de formar

profesionales con un mayor uso y comprensión de BIM, como ocurre en otros países de la región.

Al igual que en otros países latinoamericanos, como es el caso en Colombia, en Costa Rica han surgido empresas que utilizan los BIM en etapa de prueba, así como han surgido empresas de consultoría especializadas en la metodología.

En el país, la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) formó, en el año 2017, un comité técnico llamado BIM Forum que busca promover la implementación del BIM en el sector de la construcción. Con la conformación del comité se busca “canalizar el conocimiento, información e inquietudes técnicas relacionadas a BIM” (...), donde se propone como misión promover “el uso de BIM en la arquitectura, ingeniería y construcción, a través de actividades de investigación, difusión, capacitación y desarrollo de buenas prácticas durante el ciclo de vida de las construcciones.” (BIM Forum Costa Rica, s.f)

El Gobierno de Costa Rica presentó la Estrategia Nacional BIM Costa Rica, la cual se muestra en la Figura 3. De acuerdo con el Ministerio de planificación Nacional y Política Económica (Mideplan) del país (2020), tiene “el objetivo de alentar el desarrollo del sector construcción, mejorar la obra pública, dar mayor transparencia en los procesos licitatorios y contribuir en la optimización del mantenimientos y operación de las edificación e infraestructura.”

La ejecución de la Estrategia BIM se desarrolla por parte de la comisión Interinstitucional para la Implementación de la Metodología BIM (CII-BIM). Dicha comisión ha

trabajo en la formulación de acciones estratégicas para garantizar la adopción de BIM, de modo que se logre impulsar su uso en carteles de contratación pública y posicionar su uso en el sector construcción del país.



Figura 3. Portada de la Estrategia Nacional BIM Costa Rica

Fuente: Ministerio de planificación Nacional y Política Económica (Mideplan) del país (2020)

Ventajas para el sector de la Arquitectura, la Ingeniería y la Construcción (AEC)

“La metodología BIM es una forma de gestión de proyectos (...) que reduce costos, acorta tiempos de diseño y producción y mejora la calidad de los proyectos. Por lo que se afirma que el uso de la metodología BIM busca que los involucrados en el proyecto puedan comprenderlo eficazmente

con el objetivo de tener un uso eficiente de los recursos, un aumento de control del proyecto, de la productividad y la seguridad, así como brindar al cliente una visión más completa del producto final.

Las ventajas de BIM a lo largo del ciclo del proyecto, en contraste con la metodología CAD tradicional, se exponen de manera clara en la representación gráfica elaborada por Patrick Mac Leamy, la cual se muestra en la Figura 4.

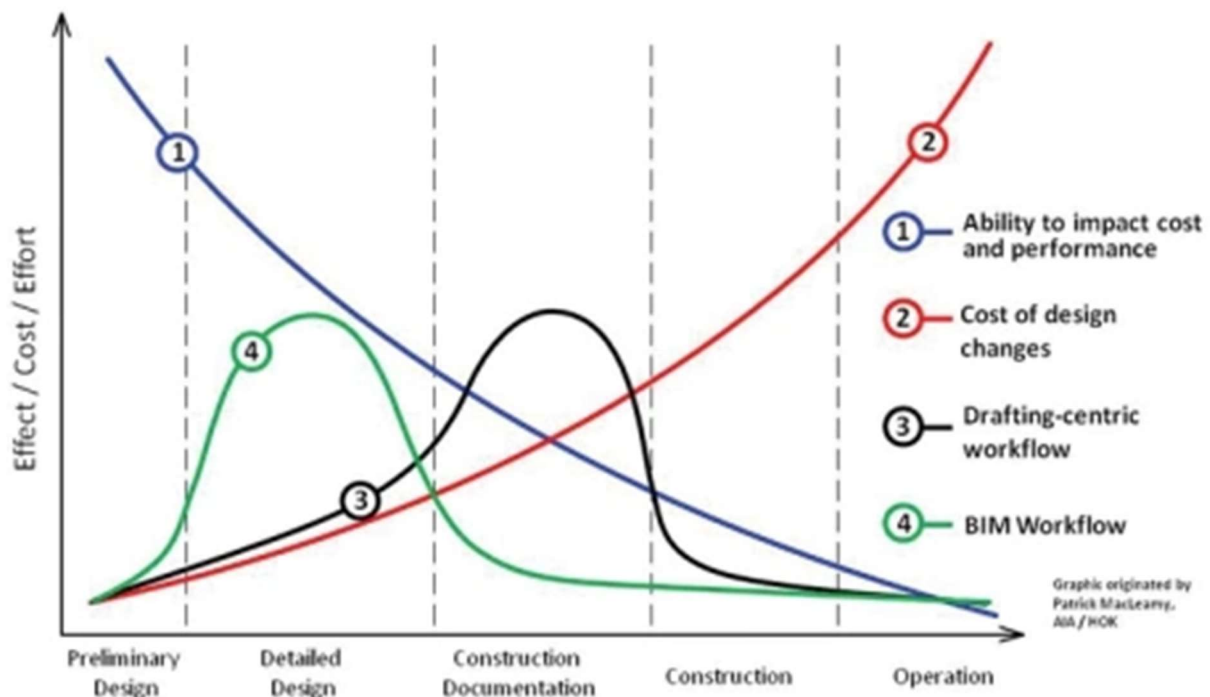


Figura 4. Curva Mac Leamy, comparación del flujo de trabajo entre BIM y el sistema tradicional.

Fuente: Hamid, T & Mahdmina, A & Zulu, S. (2018).

Esta grafica se construye relacionando el esfuerzo o el costo con el ciclo de vida del proyecto. En esta se muestran 4 líneas, donde la primera línea, mostrada en azul, representa como el efecto de impactar el proyecto a medida que avanza en el tiempo es menor. Lo cual se

relaciona con la segunda línea, en color rojo, la cual describe que el costo de realizar cambios es mayor a medida que avanza el proyecto. Esto último se describe como: a medida que avanza el proyecto se torna más difícil y costoso realizar cambios o corregir errores.

Seguidamente, se muestra la línea 3 en negro, la cual describe el trabajo de diseño tradicional, entendido como dibujo en 2D con CAD o Computer-Aided Design (que en español se entiende como 'diseño asistido por computadora'); también se tiene la línea 4 en verde que describe el proceso de diseño preferencial basado BIM.

Con la Curva Mac Leany se concluye que la fase de diseño es la etapa ideal para resolver conflictos y realizar cambios, esto sin necesidad de un mayor esfuerzo o aumentos en el costo del proyecto. En la gráfica se muestra como el método CAD sobresale de las curvas, entendiéndose que no se lograrán resolver todos los conflictos una vez iniciado el proyecto. Por ello se selecciona el método de trabajo de BIM, pues se sabe que, desde que se inicia el proceso de modelado, las dudas irán siendo resueltas.

Por otro lado, se dice que BIM proporciona una mayor y mejor comunicación y comprensión del proyecto para el cliente gracias a la visualización en 3D. Además, Candelario, Cordero y Reyes (2016) mencionan que al utilizar BIM con los modelos en 3D se da una mejora en la comunicación y la comprensión del proyecto a través de su visualización. Asimismo, al trabajar con modelos, se puede realizar simulación del proceso constructivo para mejorar la administración del proyecto.

Estudiando la administración y la documentación de la obra, destacan una serie de ventajas en la etapa de ejecución del proyecto, dado que el uso de aplicaciones BIM disminuye los errores en la documentación, aspecto que se relaciona directamente con la productividad y la

reducción de gastos. Además, las aplicaciones BIM admiten, y obligan, a una mejor comunicación, al permitir y exigir la colaboración entre profesionales de las distintas ramas AEC, con lo que implanta una forma eficiente de compartir la información.

Otro aspecto de importancia es la constructibilidad, descrita como “el grado al cual el diseño de una edificación facilita su construcción, sujeto a los requerimientos de los métodos constructivos” (Fisher y Tatum, 1997); en este siempre se consideran tanto sus posibilidades como sus limitaciones.

Al entender este concepto como la viabilidad de construir el proyecto, se afirma que al construir un modelo acertado se logra analizar el grado de complejidad del proyecto, reduciendo los imprevistos y aproximando, de manera acertada, el costo y el tiempo de construcción.

Roles dentro de AEC para BIM

La metodología BIM, a como se mencionó anteriormente, es una herramienta donde el trabajo colaborativo es esencial. En un proyecto BIM se deben establecer en el contrato los roles y las responsabilidades de cada participante en el Plan de Ejecución BIM o 'BIM Execution Plan' (BEP por sus siglas).

Los roles de trabajo se entienden como el papel desempeñado por un individuo dentro de la organización, donde se pueden mencionar las funciones y las responsabilidades asignadas, mas no un cargo de la empresa.

En guías de recomendación BIM se ha propuesto esquemas de roles para el ciclo de vida de los proyectos constructivos, estos se entienden como un diseño teórico para implantar según el proyecto constructivo.

Choclán Gámez, F. (2017) propone el siguiente esquema de roles para proyectos BIM, el cual se presenta en forma general para una empresa:

- **Cliente:** La persona o empresa que pone en marcha y financia el proyecto.
- **Director del Proyecto BIM** ('BIM Project Manager'): Encargado de liderar el equipo de proyecto., es el responsable de alcanzar los objetivos planteados y asegurar que su cumplimiento. Dentro de sus funciones se puede mencionar: desarrollar el plan de proyecto, definiendo su alcance y la calidad esperada; mantener el proyecto a tiempo y con el costo previsto; desarrollar los protocolos BIM, entre otras obligaciones.

- **Director de la Gestión de la Información** ('Information Manager'): Responsable de la gestión y el control del flujo de información entre todos los agentes que intervienen en el proyecto. Aunado a esto, se encarga de mantener contacto con el cliente o promotor, transmitiéndole la información pertinente durante todas las fases del proyecto.
- **Director Técnico BIM** ('BIM Manager'): Encargado de la correcta implantación y uso de la metodología mediante la coordinación del modelaje y los recursos en colaboración con los involucrados. Se asegura de la correcta integración de los modelos y sus disciplinas con la visión del proyecto.

Entre sus funciones destacan: proponer, coordinar y asegurar el cumplimiento del BEP y aplicar flujos de trabajo, protocolos y manuales.

- **Director de la Gestión del Diseño** ('Lead Designer'): Administrador del diseño, donde se incluye la aprobación y desarrollo de la información, coordinando esta con el equipo de diseño. Asimismo, se encarga de aprobar la documentación para la coordinación del diseño de detalles antes de ser compartida.
- **Director de la Gestión de la Ejecución** ('Lead Construction'): Responsable de administrar la dirección de la ejecución en gestiones con sistemas BIM, incluyendo la aprobación y desarrollo de la información.

- **Director del equipo de trabajo** ('Task Team Manager'): Responsable(s) de la producción del diseño.
- **Coordinador BIM** (BIM Coordinator): Encargado de coordinar el trabajo dentro de una misma disciplina, de modo que se lleguen a cumplir los requerimientos del director técnico BIM; también se encarga de revisar los procesos de calidad de los modelos. En un proyecto se deben establecer coordinadores BIM para cada especialidad, sean estas de diseño, estructura, MEP, sostenibilidad, o cualquier otra.
- **Modelador BIM** (BIM Modeler): Responsable del modelado del proyecto en función a los requerimientos. En este rol es esencial contar con un modelador especializado en construcción, ya que "se modela como se construye".

BIM Managment

La administración de proyectos BIM incluye el desarrollo de proyectos con un alto nivel profesional, dentro de los cual es necesario poseer habilidades de liderazgo y comunicación eficaz.

La dirección del proyecto debe conocer con certeza los objetivos del cliente y el alcance de los trabajos contratados, con ello se establece la estrategia del proyecto y se inicia la coordinación del proyecto. Es por ello que es de grana importancia realizar reuniones de coordinación general con el cliente y compartir la documentación con este y las demás partes del proyecto.

En un proyecto de construcción se debe establecer dentro de los roles el Project Manager o del BIM manager, quien se encargará del control de costos y de los plazos, de acuerdo con las estimaciones realizadas a partir de los modelos. El 'manager' presenta al inicio del proyecto la planificación del proyecto, según los requerimientos, con lo cual se analizar los objetivos globales del proyecto y se aclararan las metas o incongruencias.

Actualmente, el Project Manager se encarga de la preparación de las bases de la implementación BIM en el proyecto, funciones que se enlistan en el Plan de Ejecución BIM. Dentro de las tareas de mayor importancia de un BIM 'manager' se puede citar la coordinación de proyectos, tanto de manera interna y con colaboradores externos o demás profesionales externos involucrados en el proyecto. Asimismo, el 'manager' se encarga de la implementación BIM y los objetivos de la empresa. Con lo cual se puede incluir la investigación y el desarrollo de metodologías o herramientas BIM que pueden aplicar a la empresa como método de innovación.

Un manager BIM o Project manager debe contar con grana experiencia en construcción y en modelado de proyectos, sabiendo que debe estudiar las incongruencias y plantear métodos para su corrección, para lo cual debe las herramientas de modelado.

Colaboración y comunicación

En la implementación y el uso de la metodología BIM es de suma importancia prestar atención al trabajo colaborativo, en especial al personal involucrado en el proyecto, como lo son los arquitectos, ingenieros, clientes, proveedores,

entre otros. BIM conlleva un impacto en el método de trabajo tradicional, pues todos los involucrados deberán modificar los métodos de comunicación y la forma de relacionarse a lo largo del proceso constructivo.

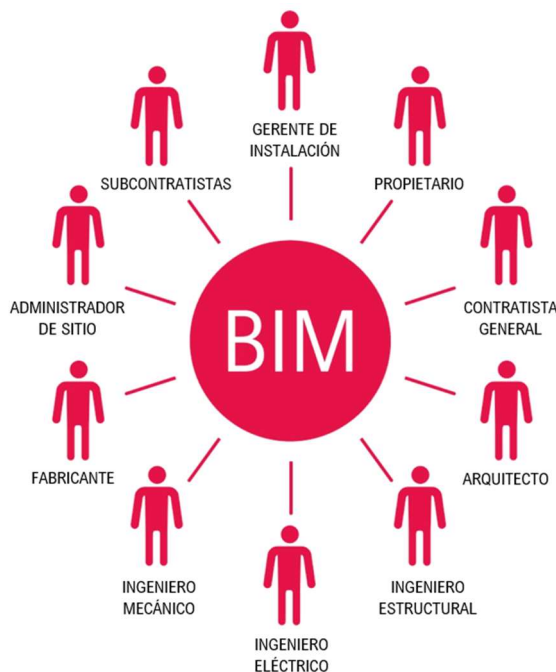


Figura 5. Trabajo colaborativo en procesos BIM.

Fuente: Construsoft, España.

Los procesos BIM deben concentrarse en la posibilidad de que los profesionales de las diversas especialidades trabajen en un solo archivo digital para integrar todas las áreas de diseño. Esto permite un mayor control del proyecto (ya que permite dar seguimiento a los cambios) y una mayor comunicación entre las partes.

Además, implementar la metodología de manera correcta disminuye errores en la documentación de obra que, en ocasiones, generan atrasos en cronogramas o errores en

presupuesto, lo cual conlleva una elevación de los costos del proyecto. BIM favorece el entendimiento del proyecto y el proceso a seguir para su construcción, así como la comprensión entre los involucrados, lo que ahorra tiempo y dinero, al tiempo que asegura la calidad.

Al referirse a la colaboración, a menudo se usa la integración de las partes, donde ambos términos dan lugar a la aparición del término "Entrega Integrada de Proyectos" o 'Integrated Project Delivery'.

Modelo de dirección del proyecto integrado (IPD).

Los procesos LEAN (inicialmente orientados a los procesos de producción, actualmente orientados a la mejora continua y a la optimización de los sistemas de producción) han incursionado gradualmente en la industria de la construcción para optimizar los procesos de trabajo, y con ello, disminuir los desperdicios de tiempo y materiales, lo que reduce costos.

Los conceptos de la metodología LEAN han producido una alternativa a la gestión de proyectos de construcción, denominada “Entrega Integrada de Proyectos” o ‘Integrated Project Delivery’ (conocida como IPD, por sus siglas en inglés).

El Instituto Americano de Arquitectos (2007) afirma “Integrated Project Delivery (IPD) is a project delivery approach that integrates people, systems, business structures and practices into a process that collaboratively harnesses the talents and insights of all participants to optimize project results, increase value to the owner, reduce waste, and maximize efficiency through all phases of design, fabrication, and construction.”.

Lo cual se traduce como ‘La Entrega Integrada de Proyectos es un enfoque de entrega de proyectos que integra personas, sistemas, estructuras y prácticas comerciales en un proceso que aprovecha de manera colaborativa los talentos y percepciones de todos los participantes para optimizar los resultados del proyecto, aumentar el valor para propietario, reducir el desperdicio y maximizar la eficiencia en

todas las fases de diseño, fabricación y construcción.’.

En la dirección de proyectos integrados, los involucrados trabajan en el proyecto desde una etapa temprana, lo cual facilita la toma de decisiones y optimiza los resultados.

Esto permite obtener un proceso colaborativo entre todas las disciplinas, lo cual BIM agradece. Con el uso de IPD se cambia la idea de trabajo en proyectos de construcción, en los cuales se subdividen las tareas y las diferentes disciplinas trabajan de manera independiente.

En el sistema IPD se realiza un contrato multi-parte único firmado por el cliente y todas las empresas o profesionales involucrados, esto permite que las parte se centren en un objetivo único (un proyecto exitoso) y no en sus éxitos individuales. De esta manera, se establece que las contingencias y tanto los riesgos como las ganancias y ahorros son compartidos entre las partes, los dos últimos de acuerdo con porcentajes acordados previamente.

Planificación BIM 4D

En primer lugar, se estudia el concepto de visualización 4D, dado que generalmente es confundido con el concepto de planificación 4D. La visualización 4D se conoce como el proceso por el cual se logra visualizar una secuencia animada de una planificación relacionada a un modelo 3D.

Actualmente se utilizan varios programas BIM 4D de visualización que suelen confundirse con la planificación, como lo es el software Autodesk Navisworks, que se define como programas de revisión de modelos 3D que permite visualizar y generar animaciones con el modelo, el cual pueden estar ligado a una planificación.

Ahora bien, de acuerdo con Ferrater, S (2017), la planificación 4D se enfoca en los procesos de gestión de recursos, con el objetivo de obtener una planificación animada de la secuencia constructiva enlazada al modelo 3D. Los recursos para proyecto BIM se entienden como los componentes del modelo, como los materiales, vinculados a las tareas.

La planificación 4D permite alcanzar una construcción de mayor calidad con mayor conocimiento de la seguridad y la productividad en la obra. Asimismo, permite observar fases complicadas de los proyectos, de modo que se logra simular diferentes alternativas de construcción y optimizar el diseño de sitio, la ubicación de las obras temporales, y el movimiento de la maquinaria.

Aunado a ello, una vez iniciado el proyecto, la planificación 4D permite llevar el control del cronograma hasta la finalización de la

obra. Las aplicaciones 4D permiten llevar el seguimiento del proyecto, lo que permite saber si las tareas detalladas están a tiempo, van adelantadas o cuentan con retrasos.

Mediante dichas aplicaciones también se puede llevar el control de los recursos en sitio, así como se puede incluir la fecha de entrega de materiales o elementos fabricados, de modo que puedan ser instalados al momento en que llegan al sitio, siguiendo la metodología LEAN 'just-in-time' o justo a tiempo, en español.

Ferrater, S (2017) menciona que BIM 4D genera un ahorro en el tiempo y dinero dado que impacta la productividad, disminuye las situaciones imprevistas y los costos producidos por cambios de último momento; lo anterior se mencionó anteriormente de acuerdo con la Curva Mac Leany.

Actualmente, en el mercado se encuentran diferentes softwares de planificación 4D de BIM, donde algunos de ellos son:

- iTwo, herramienta de la compañía RIB Spain
- Navigator, herramienta de la compañía Bentley.
- Vico Office, herramienta de la compañía Trimble.
- Navisworks, herramienta de la compañía Autodesk.
- Synchro PRO, herramienta de la compañía Bentley, anteriormente de Synchro Ltd.

Estos programas permiten la planificación de obra, ya que permiten realizar secuencias constructivas asociando recursos y tareas a un modelo 3D.

Synchro

Bentley Systems, empresa especializada en software para “agilizar la ejecución de los proyectos y mejorar el rendimiento de los activos de la infraestructura” (Bentley Systems, s.f.) adquirió en 2018 Synchro Software, entendida como la empresa líder en software de modelado de construcción 4D para la planificación y gestión de proyectos.

La carta de programas Synchro incluye el propio Synchro Pro, Synchro Scheduler y Synchro Open Viewer. Los dos últimos son

complementos gratuitos de Synchro Pro, destinados a mejorar el rendimiento del paquete.

El software Synchro Pro es una herramienta que permite estudiar la gestión del modelo a través de la vinculación de este con la planificación de la obra. La herramienta tiene capacidad de importación, exportación, así como de sincronización de los datos desde o hacia otros softwares, lo cual permite tener un flujo de trabajo definido. Con ello, se destaca que el software permite la interoperabilidad con diversos programas, a como se muestra en la **Figura 6**.

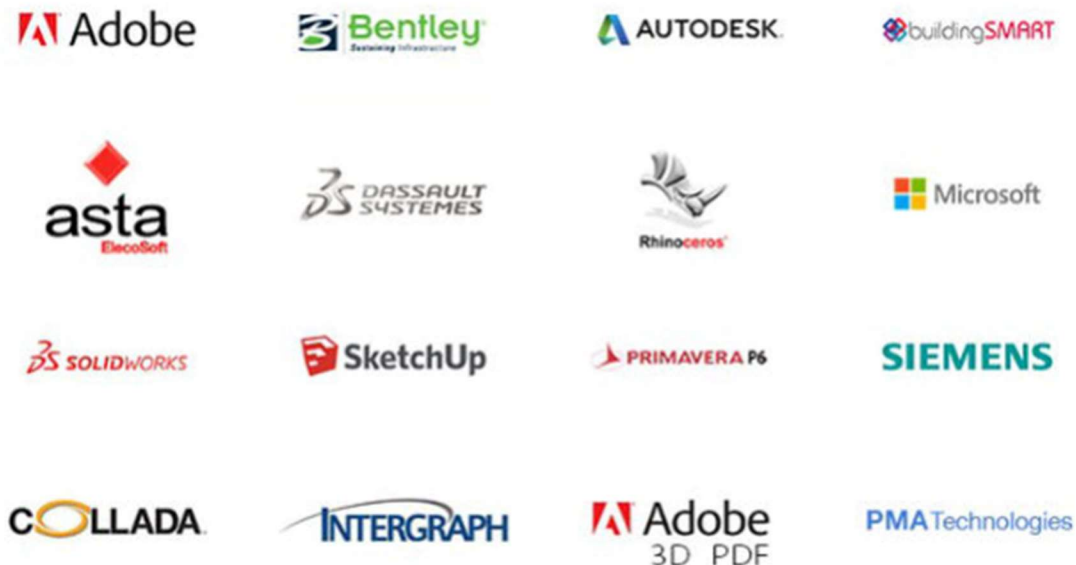


Figura 6. Interoperabilidad de Synchro con otros softwares.

Fuente: BIM Barcelona, 2017.

El programa Synchro Scheduler permite crear gráficos de Gantt de acuerdo con la planificación del proyecto, los cuales, según BIM Barcelona (2017), se vincula a programas como Oracle Primavera, Microsoft Project, Microsoft Excel, PMA Netpoint y Asta Powerproject. Con ello, se da un mejor control de la obra, en

cuestiones de duración, y ubicación de las tareas y los recursos.

El complemento de Open Viewer se concentra en la visualización 3D, la cual está vinculada a la planificación 4D. Mediante este programa se logra controlar el modelo, realizar detección de colisiones, realizar marcas y anotación en el modelo para su debida revisión.

Synchro Pro

Synchro es un programa centrado en la coordinación espacial 4D de un proyecto de construcción, el programa se encarga de detectar colisiones, estática y dinámica, y genera informes acerca de los conflictos encontrados para su resolución temprana. Además, en Synchro Pro se mantiene un control del modelo que permite reflejar la planificación del proyecto.

De acuerdo con BIM Barcelona (2017), la herramienta Synchro Pro le permite al usuario mejorar la optimización de los tiempos asociados a la planificación, un ahorro en los costos, y una mejora en la seguridad y la productividad de la obra. En un principio, se describe la optimización de los tiempos, en la cual menciona que por el uso del software los encargados de la construcción pueden actualizar las tareas y, con ello, mejorar la coordinación, lo que reduce el tiempo de trabajo.

Además, al centrarse en el ahorro de los costos, se menciona que el programa permite crear una simulación de los procesos constructivos, donde se puede estudiar el uso de los recursos y la planificación del sitio, reduciendo imprevistos y variaciones, lo cual se verá como una reducción de gastos.

Dentro de la planificación de obra que se realiza en Synchro se ve una mejora en el control de la seguridad, pues permite controlar a un nivel mayor los conceptos de seguridad y observar las

zonas de mayor peligro, con lo cual es posible anticiparse a los problemas y aplicar las medidas de prevención adecuadas.

Además, en lo que respecta al tema de planificación, el programa permite estudiar las zonas de acopio y la ubicación de las obras temporales. Con ello, se puede estudiar la interacción entre los trabajadores, lo que interviene directamente en la productividad del trabajo y ofrece una mayor supervisión y gestión de las fases del proyecto (a mayor control y menor riesgo, y mayor eficiencia).

Este programa cuenta con la ventaja de que permite interactuar con el modelo y la planificación de manera simultánea y sincronizada sin afectar el modelo importado original. AEC-on Soluciones, empresa encargada de la distribución oficial de Synchro Software en España (2015), indica que el software es el único programa en el mercado con sincronización completa de datos ida y vuelta, siendo estos de importación, exportación y sincronización en ambos sentidos.

Metodología

A continuación, se detalla cómo se realizó el trabajo “Metodología de manejo de datos de rendimientos con el uso de Synchro Pro para un análisis BIM en 4D y 5D”, elaborado en la empresa Blue AEC Studio.

Para cada objetivo planteado para la ejecución de este proyecto se detalla el proceso de desarrollo.

Diagnóstico de la empresa.

Inicialmente, se estudió la empresa, considerando el tipo de negocio y los servicios que brinda al sector construcción. En ello se estableció la situación actual de la empresa, detallando las actividades que realiza y los procesos que se llevan a cabo en un proyecto constructivo, según las especificaciones o necesidades del cliente.

Además, se estableció el modelo de trabajo de la empresa, detallando en un organigrama de roles a los colaboradores de esta y sus puestos. Junto con ello, se detallaron las funciones de cada trabajador según su puesto, las herramientas utilizadas por cada uno y cómo

estas ayudan al proceso de trabajo y a la construcción, todo con el objetivo de realizar un diagrama de flujo de las actividades y servicios que brinda la empresa y como esta lleva su proceso de trabajo y sus funciones durante todo el ciclo de vida de un proyecto, ajustándose a la metodología BIM.

Dentro de lo cual se estudió en un nivel más específico las herramientas utilizadas actualmente dentro del proceso BIM; y para realizar la planificación de obra, la programación y el control de costos. Esto de modo que la herramienta Synchro se adapte al trabajo de la organización.

Con ello se estudiaron los requerimientos de la empresa en cuanto a planificación y programación de obra y al uso de los recursos dentro de Synchro Pro.

Además, se estudiaron los diferentes problemas que pueden presentarse en construcción a falta de una planificación acertada, donde se incluyen rendimientos correctos y cronograma certero, Con ello se construyó un cuadro de limitaciones, problemas y acciones de mitigación o soluciones propuestas con la metodología BIM, en específico con la herramienta Synchro.

Análisis de los involucrados con IPD.

Ya que la metodología BIM es colaborativa, se estudió la colaboración entre el personal de la empresa y los diferentes profesionales involucrados en el proyecto mediante una entrevista. Asimismo, se estudió la integración de los subcontratistas, proveedores y fabricantes; todo con el objetivo de estudiar la colaboración y la comunicación de los todos los involucrados en los proyectos BIM de la empresa.

Seguidamente, se identificó mediante una encuesta la formación del personal de la empresa Blue AEC Studio en herramientas BIM, así como su proceso de aprendizaje en los softwares pertenecientes a la metodología BIM. En dicha encuesta también se consultó sobre la relación de los colaboradores con la construcción, donde se habla de la relación entre los trabajadores con el personal en campo, como arquitectos, ingenieros, contratistas y demás.

Con esto último, se realizó una propuesta de adaptación, como recomendación por parte de la empresa al cliente con el modelo de entrega integrado de proyectos (IPD), donde se establezcan los roles y responsabilidades de los involucrados, así como los métodos de coordinación y comunicación entre ellos.

Recursos propios para la vinculación.

Se realizó un cronograma de obra y su diagrama de Gantt con uno de los proyectos existentes de la empresa en la herramienta MS Project con el Método de Camino Critico, de modo que se observara la planeación de las diferentes etapas que comprenden el proceso constructivo de un proyecto actual de la empresa.

Seguidamente, se enlistaron los diversos recursos necesarios en cada etapa de la construcción, donde se detalló la maquinaria, los equipos, los materiales, la mano de obra, los elementos a construir y ciertos costos de operación y subcontrato, esto considerando los rendimientos de operación del equipo y la mano de obra. Con ello, a cada tarea enlistada se le asignaron los recursos necesarios para su desarrollo y sus costos respectivos.

Con lo anterior, se realizó la importación del cronograma desde MS Project al programa Synchro Pro, estableciendo los pasos necesarios para garantizar nula pérdida de información entre programas.

Una vez en Synchro, se realiza la vincularon de los diversos elementos 3D, involucrados en el proceso de constructivo a las actividades o tareas que conforman el cronograma, esto considerando los perfiles 3D de apariencia de cada recurso y las reglas de rendimiento.

Manual de uso de Synchro Pro.

Desde un inicio se estableció la manera de vincular Revit con Synchro (dado que son programas de compañías diferentes) y con ello vincular el cronograma de obra a Synchro y brindar a cada elemento constructivo de Revit su duración respectiva, según rendimientos de mano de obra.

Una vez que se integraron los datos se crearon enlaces de trabajo teniendo en consideración las tareas detalladas en el cronograma y los elementos del modelo 3D. De esta manera, en Synchro se generaron simulaciones, informes y animaciones que permitieron visualizar el proyecto y la secuencia constructiva de este; a partir de ello, se logró visualizar el proceso constructivo, incluyendo la maquinaria entrante, con lo cual se estudió la coordinación espacial entre elementos auxiliares y constructivos.

Por último, se diseñó el manual de trabajo, donde se contempló una manera sencilla y eficaz de utilizar Synchro, de modo que permitiera estudiar el seguimiento del proyecto de manera intuitiva, estandarizando el proceso de modelado 4D para los colaboradores de la empresa.

Resultados

Diagnóstico de la empresa.

En este apartado se estudia la situación actual de la empresa, donde se determinan sus actividades, la organización empresarial y el modelo de trabajo.

Blue AEC Studio se define como una empresa enfocada en la gestión y consultoría BIM de proyectos de construcción. La organización plantea como misión “brindar a los clientes de la industria de la construcción un valor al utilizar metodologías innovadoras”, lo cual permite aumentar la eficacia de los proyectos mediante la implementación de procesos BIM. (Blue AEC Studio, s.f.)

Situación actual

La empresa se clasifica como una microempresa, tomando en cuenta que el número de trabajadores fijos es de siete personas. Además, se sitúa como un negocio perteneciente al sector terciario, es decir, una empresa dedicada al sector de servicios, dado que está enfocada en prestar a los clientes asistencia de consultoría. Esta empresa se puede clasificar como una sociedad limitada de

acuerdo con su función jurídica, dado que está formada por dos socios: Johnny Mora y Juan Carlos Calderón.

La empresa se centra en el modelado BIM en diferentes etapas del proceso constructivo, considerando etapas de diseño, coordinación y construcción. Los modelos se realizan para las diversas disciplinas, teniendo en cuenta el modelado arquitectónico, estructural, mecánico, eléctrico y de plomería, esto para dar soporte al diseño o a los contratistas al ejecutar los proyectos. También se realiza el modelado al finalizar el proyecto como un modelo ‘As-Built’.

De igual manera, la empresa desarrolla documentación contra modelado de diseño y construcción. Como parte de dicha documentación, se menciona que se realizan planos de taller (para componentes prefabricados o a fabricar) y la documentación perteneciente a los planos ‘As-Built’.

Dentro de sus actividades también se enlista la coordinación y gestión de proyectos con contenido BIM al manejar: reportes de interferencias, resolución de conflictos, análisis de constructibilidad, coordinación entre diseñadores, contratistas y subcontratistas, incluyendo el B.I.M. Management para proyectos; asimismo, realiza la simulación de las

fases y de la secuencia de construcción. Dentro de la gestión de proyectos, destaca la cuantificación de modelos para presupuesto, la planeación de tiempos y el análisis de

alternativas y la optimización de las estrategias de construcción. En la **Figura 7** se puede observar el flujo de las actividades de la empresa al recibir un proyecto.

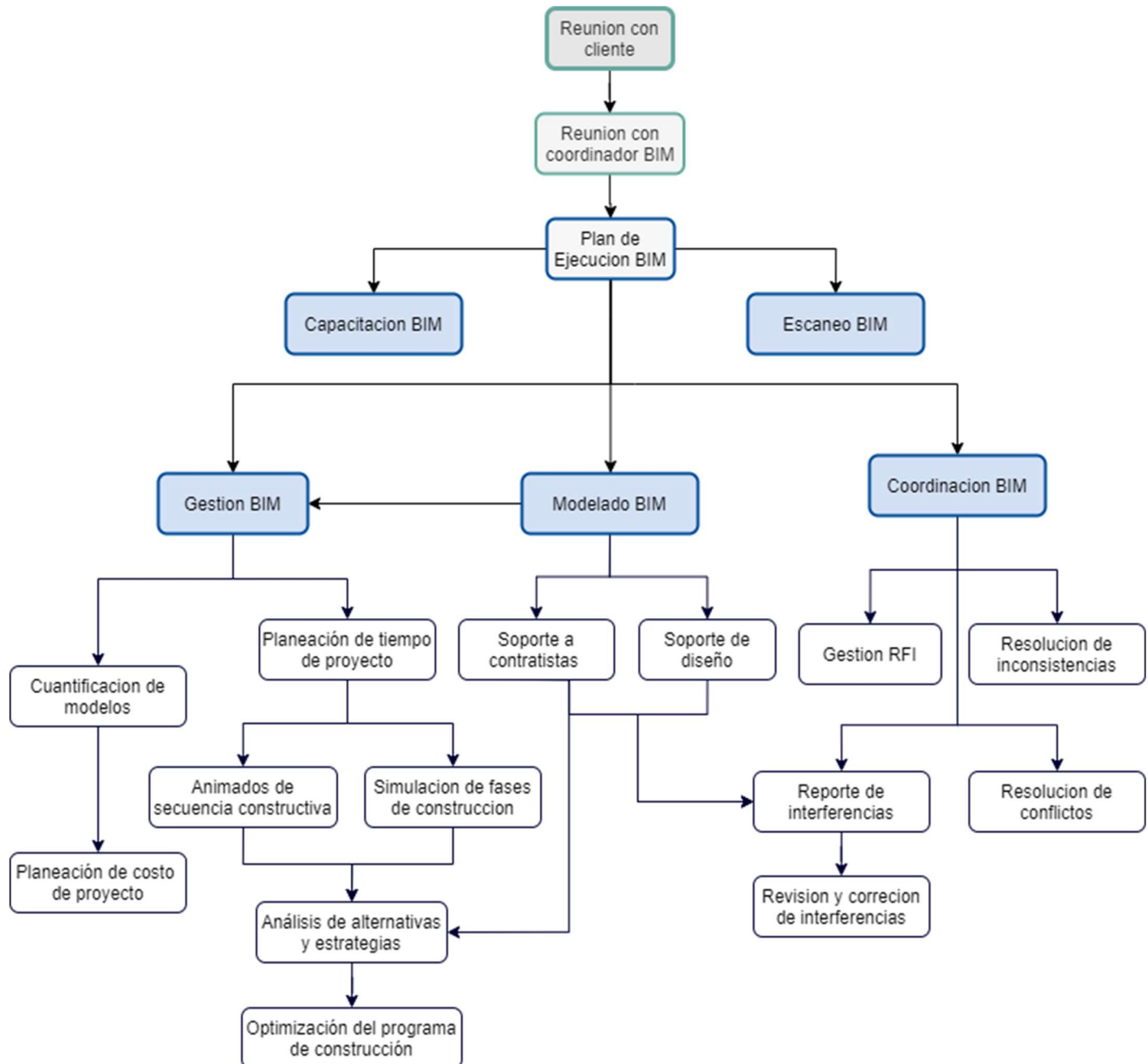


Figura 7. Diagrama de flujo de las actividades de la empresa Blue AEC Studio

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software draw.io.

Como se menciona, la empresa se ve involucrada en diversas etapas del proceso constructivo según el tipo de proyecto o los requerimientos del cliente. En las fases de

construcción se realizan diversas actividades de planeación, coordinación y gestión, a como se señala en la **Figura 8**.

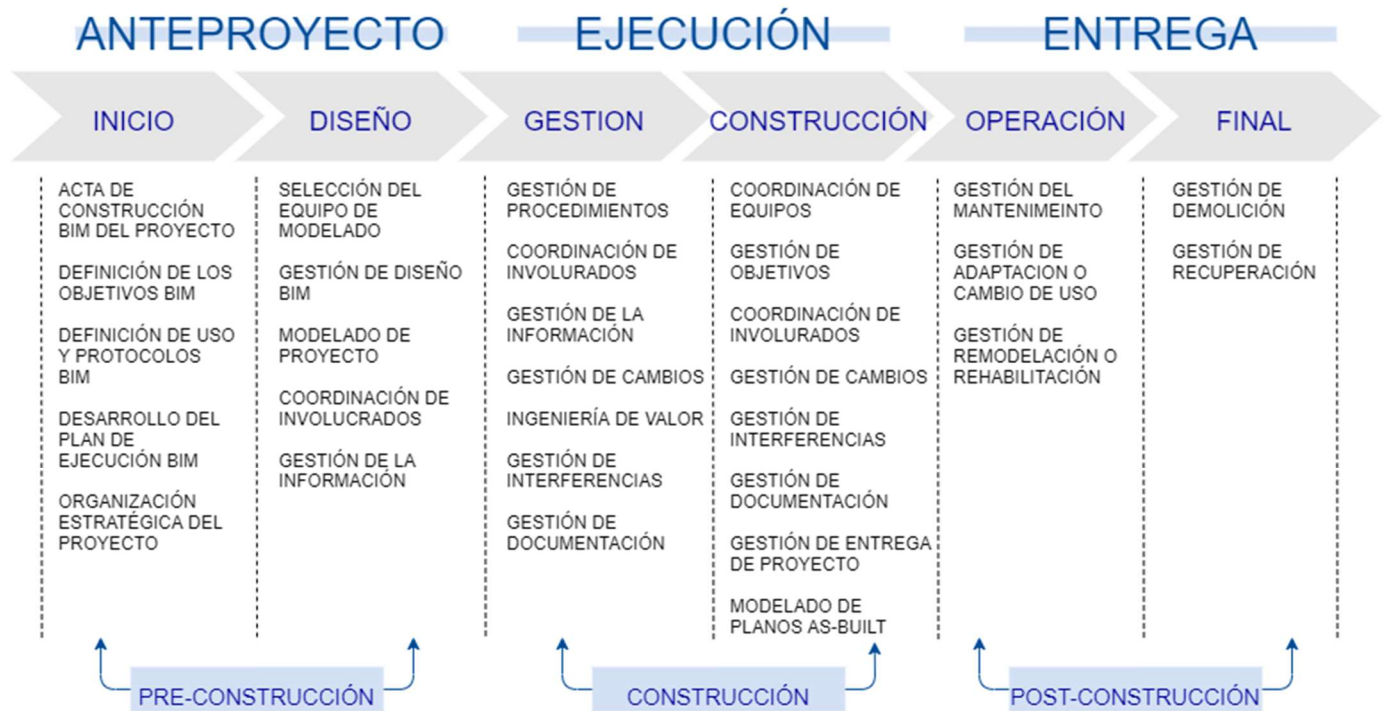


Figura 8. Esquema general de funciones en las etapas del ciclo constructivo BIM en la empresa Blue AEC Studio

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software draw.io.

Para un mejor estudio de las actividades que se desarrollan en la empresa y el modelo de trabajo de esta se realizó una entrevista a Juan Carlos Calderón y Cesar Jiménez, quienes se describen como 'co-manager' y coordinador, respectivamente, de la empresa Blue AEC Studio. La transcripción completa de la entrevista se encuentra en el **Apéndice 1**.

En dicha entrevista se consultaron temas que abarcan la descripción de la empresa: incluyendo aspectos como la situación actual, la relación con la construcción, con contratistas y demás involucrados en el proyecto.

Además, se habló sobre la colaboración y comunicación de los profesionales involucrados en los proyectos, la integración de otras partes de este, la propuesta de los planes de ejecución y el modelo de entrega de proyectos integrados IPD, los cuales se desarrollarán más adelante.

En primer lugar, Cesar Jiménez habló sobre los servicios de consultoría que presta la empresa, estableciendo que, en su mayoría, estos son enfocados a propietarios o contratistas. La empresa, como principal enfoque, desarrolla modelos 3D, en sentido arquitectónico,

estructural, y electromecánico, al tiempo que revisa conflictos entre las disciplinas; esto para aumentar la productividad y reducir costos.

Además, al reconocer que en la industria de la construcción se avanza por recomendaciones de clientes pasados y trabajos previos, el coordinador comenta que los proyectos que reciben se presentan en su mayoría por recomendación. En este mismo marco, menciona que las redes sociales y la página web de la empresa les permite llegar a un mayor público y expandirse, ya que las redes sociales visualizan el portafolio de la empresa.

Modelo de trabajo

En conjunto con la entrevista, se realizó una encuesta a los colaboradores de la empresa Blue AEC Studio, de modo que se pudiera conocer el modelo de trabajo y las herramientas utilizadas. La encuesta se realizó a César Jiménez, Hellen Benavides, Jose Gabriel Vargas, Alejandro Sáenz y Felipe Saavedra, las respuestas de cada trabajador se detallan en el **Apéndice 2**.

En el formulario se consultó acerca del cargo y las funciones de cada trabajador, con el fin de tener más conocimiento acerca del rol de cada uno, tanto dentro de la empresa, como de un proyecto de construcción. La empresa cuenta con cinco trabajadores, donde se detallan Hellen Benavides, Jose Gabriel Vargas y Alejandro Sáenz como Técnicos BIM, Felipe Saavedra como Modelador BIM y César Jiménez como coordinador BIM, cuya distribución se muestra en la **Figura 9**.

La empresa está a cargo de dos 'managers', Juan Carlos Calderón y Johnny Mora, quienes se encargan de la planificación y la coordinación de proyectos, estableciendo el método de trabajo. Como managers deben presentarse al cliente, definir los alcances, cotizar los proyectos y estructurar su desarrollo.

Los trabajadores definen ciertas funciones que realizan como parte de su puesto, por ejemplo: los técnicos BIM se dedican a modelar información arquitectónica, estructural, y electromecánica previa a la construcción; para el modelador se definen funciones similares al técnico, aunque en lo referente al modelado de proyectos, se añade la revisión de modelos y sus interferencias.

El coordinador BIM establece dentro de sus funciones el modelado de información, trabajo que comete a técnicos y el modelador por igual. El coordinador añade actividades como la coordinación de proyectos multidisciplinarios, la administración y presentación de información de acuerdo con las distintas revisiones de modelo.

Además de ello, Juan Carlos Briceño añade en la entrevista que un coordinador BIM es el encargado de fiscalizar y revisar la información de los modelos, según la etapa del proyecto. Junto con ello, prepara el Plan de Ejecución BIM (BEP), donde se declara el método de trabajo, ya sea establecer los softwares a utilizar, el uso de la nube, la versión de modelos y el seguimiento de los puntos, lo que permite generar reportes, tanto para la parte de diseño como la de ejecución.

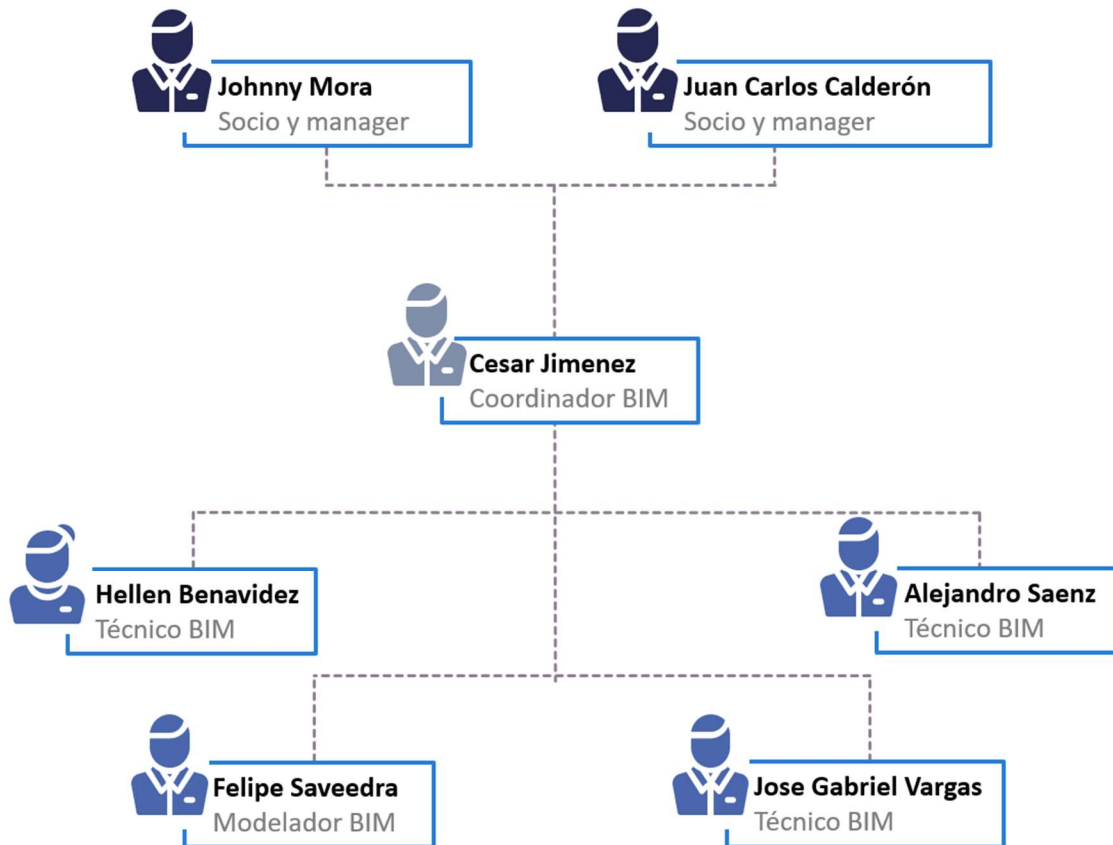


Figura 9. Organigrama de roles

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software draw.io.

En la entrevista realizada se discutió sobre el modelo de trabajo, en donde se profundizó en la planificación de actividades y la distribución de tareas con los colaboradores, así como las actividades de mayor importancia para la empresa, para el proyecto y los clientes.

En dicha entrevista, Juan Carlos Briceño indica que la planificación de actividades varía según los proyectos en los que se esté trabajando y la cantidad de proyectos que se trabajen simultáneamente. Los colaboradores planifican las actividades de acuerdo con los puntos fuertes de cada uno, donde se destaca que en cuestiones de modelado los managers se involucran en menor medida.

Cuando hay flujo bajo de trabajo los trabajadores planifican sus actividades y realizan reuniones semanales para la revisión de los modelos. Por el contrario, cuando se tiene un flujo de trabajo mayor, las reuniones semanales permiten medir la cantidad de trabajo de cada colaborador y estudiar quienes cuentan con mayor carga laboral, con el objetivo de trasladar y equilibrar parte de esa carga a otro colaborador.

En otros casos, ya cuando la carga de trabajo es bastante, considerando la cantidad de trabajadores, se plantea un cronograma de trabajo con los managers de la empresa. En el

cronograma se plantean tareas para cada colaborador, estableciendo fechas de entrega.

Asimismo, se pregunta si utilizan herramientas de software BIM como parte de sus funciones y cuales son dichas herramientas que se utilizan en el día a día. En cuanto a las herramientas BIM citan programas como Revit de Autodesk, con sus programas integrados Architecture, Structure, Electrical, Mechanical.

Además, se utilizan programas BIM 4D como Navisworks y programas de colaboración como BIM 360, BIM Collab Zoom, A360, BIMtrack y otros como Dynamo. Los programas utilizados varían según la persona y su puesto, teniendo en común el uso de Revit, a como se muestra en la **Figura 10**.

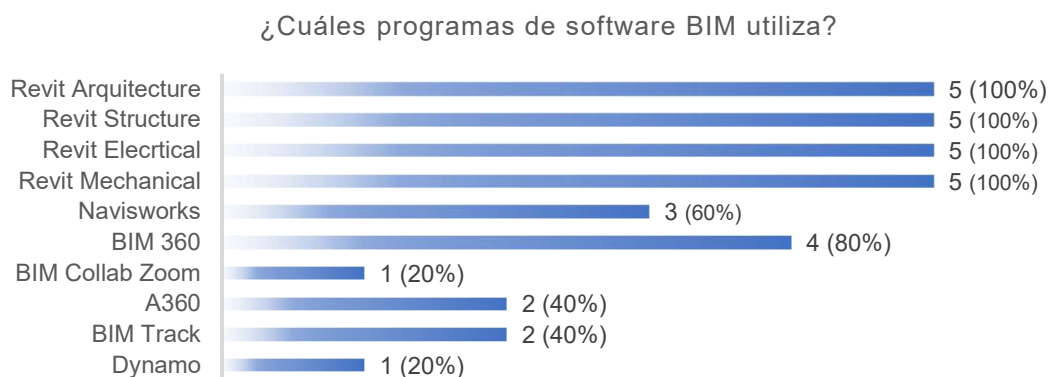


Figura 10. Respuesta al formulario, pregunta: ¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

Fuente: Formulario Trabajadores Blue AEC Studio, realizado en Google Forms.

Por otro lado, se indagó acerca de la formación y la capacitación que han llevado los trabajadores en BIM y en programas de la metodología, tema que se profundizara más adelante. Para una mejor comprensión de las actividades que se realizan en cada software y las funciones de los trabajadores, se definirán las herramientas BIM que utiliza la empresa.

- Revit

Autodesk, compañía dedicada a la elaboración de software de diseño en 2D y 3D para diversas industrias, entre ellas la industria de la construcción, ha desarrollado el software de diseño Revit, el cual se define como un software

de modelado de información de construcción para el diseño arquitectónico, MEP, diseño estructural, detallado, de ingeniería y construcción.

Revit aprovecha la información dinámica en modelos, lo que le permite diseñar y documentar estructuras: cada modelo representa un proyecto completo almacenado en un archivo único, lo cual permite que los cambios realizados en una parte del modelo se propaguen a otras, mejorando el flujo de trabajo para los usuarios.

En el flujo de trabajo se maximiza la productividad y ayuda a optimizar los procesos de diseño y de documentación. Además, se

ayuda a acelerar los proyectos desde el diseño hasta su finalización, mientras automatiza las actualizaciones de su modelo con un solo cambio de diseño.

La empresa utiliza específicamente la versión 2018 del programa, dado a que esta versión permite el manejo de archivos compartidos por diferentes profesionales en distintos lugares mediante la nube de Autodesk.

El programa de modelado integra la fase de colaboración y de documentación de distintas disciplinas en un proyecto. Por lo que se menciona que en este programa se desarrollan las herramientas:

- Revit Architecture

Revit Architecture está diseñado para obtener un flujo de trabajo de modelado de información de construcción (BIM) eficaz. La plataforma ofrece materiales físicos para análisis de rendimiento, y presupuesto de edificios y modelado de construcción. Además, incluye extensiones de integración, trabajo compartido, componentes paramétricos, entre otros.

- Revit Structure

Revit Structure está enfocado para empresas de ingeniería o ingenieros estructurales, dado que el software incluye herramientas que ayudan a diseño eficiente de edificios y obras de infraestructura. El programa permite visualizar y describir el refuerzo de hormigón, de modo que se modelan armaduras de concreto armado en 3D, las cuales se adjuntan a la documentación a fin de que se puedan obtener planos de taller.

Además, en el programa estructural se puede realizar diseño para flujos de trabajo de

acero, permitiendo el estudio de las conexiones entre los diferentes elementos. Por último, se menciona que el programa permite el análisis estructural y exportar a aplicaciones analíticas relacionadas al modelo físico 3D de Revit.

Sin embargo, de acuerdo con las funciones de la empresa, la aplicación de Revit Structure en la empresa consta en el modelado de elementos estructurales, como vigas, columnas y losas, de modo que se pueda visualizar el proyecto y revisar interferencias con otros elementos. Según el proyecto estudiando se examina la distribución de acero en los elementos.

- Revit MEP

Revit Mechanical, Electrical & Plumbing, conocido como MEP, provee herramientas para diseñar y analizar instalaciones de electricidad, aire acondicionado y fontanería. Entre sus funciones destaca el diseñar y documentar los sistemas de climatización, los sistemas eléctricos y los sistemas de saneamiento. Esto último permite optimizar el rendimiento del edificio, así como documentar y etiquetar los elementos de fabricación al máximo detalle.

La aplicación MEP es la más utilizada actualmente en la empresa, esto tomando en cuenta que los sistemas electromecánicos pueden resultar los más complejos en construcción. Al conocer que en el diseño y modelado de un edificio se encuentran gran cantidad de interferencias entre estos sistemas, se debe prestar mayor atención a este enfoque.

En este punto destacan las palabras de Juan Carlos Briceño, quien menciona que el modelado de sistemas electromecánicos es una

de las actividades de mayor importancia en la empresa y en el modelado de estructuras BIM.

- Navisworks

Navisworks Autodesk es un producto de revisión de diseño utilizado para completar paquetes de diseño 3D, como lo es Revit. En esta herramienta se revisan los modelos 3D, ubicando interferencias, agregando comentarios, puntos de vista y mediciones. Además, mediante complementos del programa se pueden realizar simulaciones de tiempo en 4D, esto al igual que el programa Synchro Pro.

Es por lo anterior que en la entrevista se consulta sobre el uso de esta herramienta para programación 4D en la empresa, donde Cesar indica que Navisworks es un software global que involucra diversos puntos que, al comprender revisión de modelos, lo vuelve más complejo a la hora de aprender. En cambio, Synchro al ser una herramienta destinada al seguimiento de obra resulta en una instrucción más sencilla y eficaz.

Además, Fahmi D. (2012) indica que la navegación y selección de objetos 3D en la plataforma de Navisworks no es amigable con el usuario; por otra parte, destaca que la animación en Synchro permite crear y manipular el modelo con precisión, y asignar las tareas a los elementos de modelo con facilidad.

En la interoperabilidad con el modelo 3D se debe destacar que Navisworks, al ser de la empresa Autodesk junto con Revit, poseen una conversión de archivos directa, lo cual puede reducir errores en el modelo y la sincronización; en el caso de Synchro, se requiere de un complemento o trabajar en archivos federados,

que pueden perder parte de la información al sincronizarlos.

En este aspecto se destaca que Synchro es solicitado en los contratos con empresas o profesionales de Estados Unidos o Europa, esto ya que las empresas especializadas en proyectos de ejecución utilizan ciertos programas de acuerdo con su clientela, y Synchro permite dicha interoperabilidad.

- BIM Collab Zoom

BIM Collab Zoom se concentra en la gestión de un proyecto de manera compartida mediante la nube, donde se pueden compartir modelos e información. La empresa aprovecha que el programa brinda acceso a todos los integrantes del equipo, de modo que se tenga una comunicación más eficaz

- BIM 360

BIM 360 es una plataforma unificada de la familia Autodesk encargada de conectar los equipos del proyecto, la información, los avances o los cambios desarrollados de manera actualizada. Esto mejora la comunicación entre las disciplinas y se agiliza el proceso constructivo mediante una toma de decisiones informada.

Además, esta aplicación permite observar y revisar los modelos mediante diferentes dispositivos electrónicos, lo cual aumenta la accesibilidad, y permite una actualización y revisión eficaz del modelo. A su vez, permite que los usuarios tengan acceso al modelo 3D sin necesidad de contar con programas de modelado.

- A360

A360 es una aplicación que proporciona un espacio de trabajo en la nube, permitiendo el acceso de diferentes usuarios que aporten y controlen el proyecto, al tiempo que se admite compartir información. Dado que el programa permite ver los diseños en 2D o 3D mediante el visor en cualquier dispositivo, la empresa lo utiliza para brindar la visualización del proyecto a los clientes o a proveedores que no cuentan con licencias de uso para programas como Revit.

- BIM Track

BIM Track es una plataforma para la coordinación y comunicación en proyectos, en la cual los involucrados del proyecto pueden trabajar y comunicarse en un solo lugar de manera transparente. La aplicación permite enviar mensajes, enlaces, detalles, notas y demás, lo que disminuye la necesidad de correos electrónicos, capturas de pantalla, las hojas de cálculo u otras formas de información y comunicación poco prácticas que tienden a retrasar el proceso.

Al igual que BIM 360 y A360, posee un visor que permite la visualización del proyecto en diferentes dispositivos, sin necesidad de programas de modelado. El uso de estos tres softwares de visualización depende de la empresa o el cliente a quienes le prestan el servicio, a las aplicaciones con las que se cuenta, las disciplinas involucradas y las licencias de los programas.

Dichos programas son de gran importancia en un proceso BIM, tal como menciona Juan Carlos Briceño: los programas de colaboración e integración son esenciales en la

empresa, dado que permiten un trabajo colaborativo entre los involucrados.

- Dynamo

Dynamo es un programa destinado a la programación gráfica para diseño, el cual se basa en un editor de algoritmo gráfico, en este se crean algoritmos personalizados para procesar datos y generar geometrías.

Este software se une a Revit con un plugin, con el cual se crean diversas posibilidades. Según Braul y Ríos (2018) esta unión “facilita y resuelve conflictos que de otra manera serían tediosos o incluso inalcanzables”. Esta aplicación se utiliza para crear geometrías complejas, emplear fórmulas matemáticas, exportar información y estandarizar métodos, tareas presentarían gran complicación de crear en Revit.

En el caso de softwares destinados a la programación o el control de costos de un proyecto, menciona que actualmente la empresa no utiliza estos programas. En la encuesta se consulta sobre el uso de estos programas y también se obtiene por respuesta que no son utilizados por los trabajadores de la empresa. Sin embargo, algunos de los colaboradores conocen el uso de programas de cronograma como Project y Excel.

En la entrevista se entiende que la empresa no se involucra en la planificación de obra o en el cronograma de los proyectos, ya que la programación está a cargo de la constructora o el contratista encargado de la ejecución. Blue AEC Studio, como empresa de consultoría, puede intervenir en una planificación BIM en la

dimensión 5D, con la preparación de modelos ligados a un cronograma.

En este momento la empresa utiliza el cronograma planteado por la constructora para ubicar hitos de importancia, y con base a eso, definir fechas para establecer el plan de ejecución, el modelo de trabajo y la distribución de actividades.

Documentación de control de tiempo y costos.

Tal como se mencionó anteriormente, la empresa no se encarga de la programación o planificación de obra, dado que dicha programación la realiza la empresa encargada de la construcción. Por ello, Blue AEC Studio no utiliza programas para dichas funciones.

En la entrevista realizada, Juan Carlos Briceño enfatiza que la empresa planea a corto plazo utilizar la planificación BIM mediante programas 5D, pues considera que sería ventajoso para los proyectos contar con un modelo ligado al cronograma de obra.

Requerimientos de la empresa.

Una parte importante de los proyectos de construcción es el control de obra, siempre que este permita dar un seguimiento a las actividades y coordinar los recursos, incluidos los recursos humanos, materiales, de equipo y financiero. Para realizar una planificación de obra se debe tener en cuenta los recursos físicos, sus necesidades y su estado en tiempo y espacio.

En una planificación se deben de tener en cuenta diversas etapas: iniciando con la

determinación de las cantidades de obra, la elección de recursos, y tecnologías, las fechas programadas, y el estudio de la productividad de los recursos y sus costos.

Como se mencionó anteriormente, la empresa realiza la cuantificación de materiales en Revit, tomando como base el modelo 3D, en el cual, de acuerdo con los elementos constructivos se logra conocer con gran precisión la cantidad de materiales necesaria para la construcción. Es por ello que se dice que, para la planificación, cumple con la determinación de las cantidades de obra.

En los proyectos de construcción intervienen una serie de recursos y de procesos que conllevan diferentes actividades, lo cual dificulta la programación y pueden retrasar el desarrollo de un proyecto. Por lo que se debe prestar atención a la productividad de los recursos, tanto en conocer la duración de las actividades como los rendimientos de la maquinaria y de los trabajadores por actividad.

Por lo que se propone dentro de los requerimientos de la empresa conocer la duración de las actividades de acuerdo con los rendimientos de obra por medio de un modelo 3D ligado a un cronograma, que permite deducir cuanto tiempo se dura en realizar cierta actividad.

Como parte de la programación se deben considerar recursos humanos, de equipos o maquinaria y materiales, además de la proveeduría. Para la empresa, los principales recursos a considerar dentro de la planificación en Synchro son los de maquinaria y los humanos, de modo que se pueda establecer la duración de las actividades. Para estudiar dichos recursos se

deben establecer los rendimientos de cada uno por actividad.

Para el caso de los recursos humanos, se expone que, en tanto la empresa no se dedica a la construcción, no cuenta con valores de rendimientos de mano de obra por actividad. Además, se indica que la empresa no realiza el cronograma de la obra, sino que estos son realizados por la empresa constructora.

Por lo que, para la planificación se obra, se debe solicitar a la empresa constructora o al contratista los valores de rendimientos de mano de obra o el cronograma, para realizar la vinculación con Synchro. Este proceso es el mismo para el caso de la maquinaria, con la diferencia de que dicha planificación se establece que la empresa encargada de suministrar el equipo pesado cuenta con valores de rendimiento.

Problemas en el uso y aplicación de un cronograma tradicional

En construcción, la planificación de obra juega un papel primordial, esto de modo los atrasos en obra involucran costos extra, lo que puede resultar en el sobre costo del proyecto, por lo que el cronograma de obra es vital para una planificación acertada.

Dentro del cronograma de obra se enlistan las actividades y tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto designando su duración, las actividades predecesoras y sucesoras, y, en algunos casos, los recursos y los costos de cada

una. El listado de actividades se representa en un Diagrama de Gantt, donde se expone el tiempo previsto para cada una.

Generalmente, las empresas dedicadas a la construcción utilizan programas de planificación como MS Project para realizar el cronograma de obra. En este tipo de programas se realiza cronograma de obra y su respectivo Diagrama de Gantt.

Esta herramienta permite establecer las prioridades en un proyecto, con la cual se realiza una distribución de responsabilidades y cargas de trabajo informadas. No obstante, este sistema de trabajo resulta complejo y hasta inútil en la administración de proyectos de gran envergadura, ya que se maneja gran cantidad de información.

Con el uso de la metodología BIM surgen diversos programas que permiten llevar el cronograma de obra de manera visual, lo cual facilita el manejo de la información. Una de estas herramientas es Synchro Pro: esta permite definir las fases del proyecto de forma visual, con lo cual se puede analizar con mayor detalle la secuencia de construcción.

En el **Cuadro 1** se enlista una serie de detalles que se realizan en las herramientas MS Project y Synchro Pro, esto a modo de comparación entre estas. Además, en el **Cuadro 2** se enlistan ciertos inconvenientes que se dan en la herramienta Project que pueden ser solucionados con la planificación 4D en Synchro Pro.

Cuadro 1. Comparación de los programas de planificación

Cuadro 1. Comparación de los programas de planificación		
Detalle	Cronograma en MS Project o similares	Cronograma en Synchro Pro
Diagrama de Gantt	✓	✓
Estructura desglosada del trabajo	✓	✓
Planeación de costo y tiempos de proyecto.	✓	✓
Estudio de recursos humanos	✓	✓
Estudio de recursos de equipo y maquinaria	✓	✓
Estudio de recursos materiales		✓
Incorporación del espacio		✓
Resolución eficaz de conflictos de planificación		✓
Visualización del proyecto		✓
Análisis de alternativas		✓
Optimización de las estrategias de construcción		✓
Simulación de Fases de Construcción		✓
Animados de secuencia constructiva		✓

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software Excel.

Cuadro 2. Solución en Synchro Pro para los problemas de planificación en MS Project.

Cuadro 2. Solución en Synchro Pro para los problemas de planificación en MS Project.	
Problemas de la planificación en MS Project	Solución en Synchro Pro
En proyectos de gran tamaño el Diagrama de Gantt resulta muy complicado de estudiar y analizar	La visualización permite tener una visión general del proyecto, permitiendo mayor eficacia en la resolución de problemas.
En proyectos amplios puede resultar insuficiente al concentrarse en actividades generales	La relación con el modelo 3D permite abarcar todas las actividades, prestando atención a las de mayor importancia
Se pueden presentar incongruencias en la secuencia del cronograma entre las actividades predecesoras y sucesoras	En el modelo 3D se puede dar revisión precisa a la secuencia constructiva, con lo cual se pueden detectar con mayor facilidad las incongruencias
Es necesaria una evaluación y revisión continua.	La visualización permite la revisión continua

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software Excel.

Análisis de los involucrados.

Colaboración y comunicación entre profesionales.

Blue AEC Studio, mediante el servicio de consultoría enfocado a la metodología BIM que brinda a la construcción, debe establecer en qué ciclo de vida se centrará o si formara parte de la vida completa del proyecto, esto en conocimiento de que BIM, mediante sus dimensiones, permite estudiar un proyecto desde la idea inicial hasta su culminación o demolición. Con ello se debe establecer con cuales involucrados del proyecto se tendrá comunicación directa.

Además de ello, como parte de sus servicios se centran en la colaboración BIM, al iniciar un proyecto debe de establecer quienes serán parte del proceso, esto designado con cuales profesionales o con cuales empresas involucradas tendrán comunicación y con ello asegurar la colaboración entre las disciplinas.

En la entrevista se consulta en qué parte del ciclo de vida de los proyectos se involucran, a lo cual responden que depende del proyecto y de los requerimientos del cliente. Juan Carlos Calderón menciona como en diferentes proyectos han intervenido desde el inicio, con bases esquemáticas, donde realizan la volumetría, y han llegado hasta el final de este creando planos 'As-built'.

Actualmente, la empresa se encuentra brindando consultoría a la Constructora Volio y Trejos Asociados con la construcción de INA San

Ramón en la provincia de Alajuela: para este proyecto se contrató a la empresa para realizar un modelo de cuantificación de obra y para la coordinación. Dado que la empresa se encarga de esto último, posee comunicación directa con los contratistas.

Además, Cesar Jiménez explica otro de los proyectos actuales, donde la empresa se encarga del modelado de las disciplinas y la coordinación de estas durante el proceso constructivo. En este proyecto, el cliente requería que el modelado se adelantara a la construcción en un mínimo de 3 semanas, esto para prevenir conflictos. Para este caso se reportaban las interferencias en los modelos al propietario, quien se encargaba de transmitirlos a los demás profesionales.

Por otro lado, en otro de los proyectos la empresa se encarga del modelo electromecánico y arquitectónico, en tanto la parte estructural y los cerramientos se designaron a otra empresa dedicada a la construcción de elementos metálicos quienes hacen sus propios modelos. En este caso, la comunicación se da entre el ingeniero estructural y el cliente. En el estudio de proyectos BIM también se debe prestar atención a la comunicación entre las partes, es decir, la relación entre la parte de diseño, la parte de construcción y, en este caso, la consultoría y el modelado.

En la entrevista, Juan Carlos indica que tienen una comunicación constante con la parte de construcción en el caso que se requiera, aunque esto varían según el proyecto y el papel de la empresa en este. Según el proyecto, se realizan reuniones periódicas con ingenieros o

diseñadores, donde se discuten las interferencias, el presupuesto o la distribución de los sistemas.

Como caso de ejemplo se presenta un proyecto actual, en el cual la empresa fue contratada para realizar el modelo de un edificio con el propósito de detectar interferencias previas a la construcción. En este proyecto se realizan dos reuniones por semana, en la primera de ellas se estudian las interferencias y en la segunda se revisan los procesos y se da el reporte de los conflictos.

En el estudio de la colaboración de los involucrados se recuerda como la empresa cuenta con servicios de Coordinación BIM, donde se realiza Gestión RFI (Request For Information o solicitud de información, en español), así como se centra en la Resolución de interferencias entre las diferentes disciplinas en el modelo 3D, así como realiza la Resolución de conflictos entre los diferentes involucrados del proyecto.

Además, la empresa realiza un Plan de Ejecución BIM (BEP), en el cual, además de plantear el método de trabajo y los diferentes softwares por utilizar y el uso de la nube compartida, esto considerando la versión de los modelos y el formato de los reportes. En este documento se plantean los roles y funciones de cada involucrado, estableciendo las

responsabilidades de cada uno. Junto con ello, en este Plan se establecen los métodos de comunicación, la regularidad de las reuniones, quienes participan en las mismas.

La empresa menciona que en gran parte de los proyectos se plantea en el BEP el uso de la plataforma BIM Track para la visualización de los modelos en la nube, de modo que la parte encargada de la ejecución cuente con acceso rápido a la información, lo que permite la coordinación entre las partes.

También, se consulta a los trabajadores, mediante la encuesta, si tienen contacto con personal de las empresas constructores y si existe colaboración con ellos, así como se consulta acerca de los puestos de dichas personas:

En esta pregunta se obtiene que un 40% de los encuestados siempre está en contacto; otro 40% tiene contacto, en ocasiones, y un colaborador; y el 20%, no posee contacto. Esto con conocimiento de que es un modelador y dentro de sus funciones no consta o hace falta el contacto con la construcción. Las respuestas anteriores son mostradas en la **Figura 11**. Con ello, se afirma que dicha relación existe con ingenieros, constructores, arquitectos, inspectores, capataces, dibujantes, entre otros.

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos?

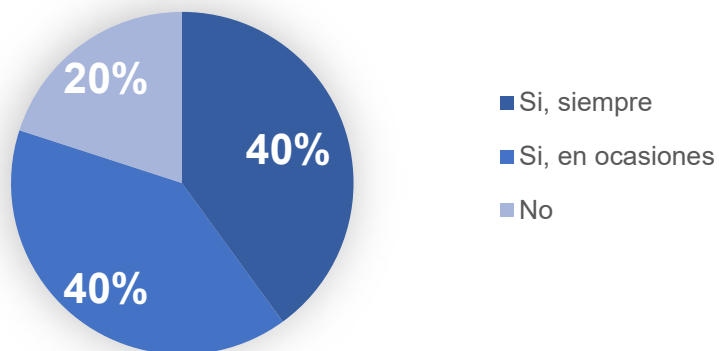


Figura 11. Respuesta al formulario, pregunta: ¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos?

Fuente: Formulario Trabajadores Blue AEC Studio, realizado en Google Forms.

Formación de profesionales

La encuesta mencionada anteriormente, además de incluir la relación con la construcción y los roles de cada persona, señala la formación de los colaboradores de la empresa Blue AEC Studio, esto para estudiar la capacitación en tecnología BIM en la empresa, y su proceso de aprendizaje.

Tal como se mencionó anteriormente, en Costa Rica el uso de la metodología BIM está en desarrollo y muchas universidades e institutos están en proceso de aprendizaje para desarrollar cursos para el uso de BIM. Es por ello que, para la encuesta fue crucial consultar acerca del proceso de aprendizaje de los colaboradores, resultados que se muestran en la **Figura 12**.

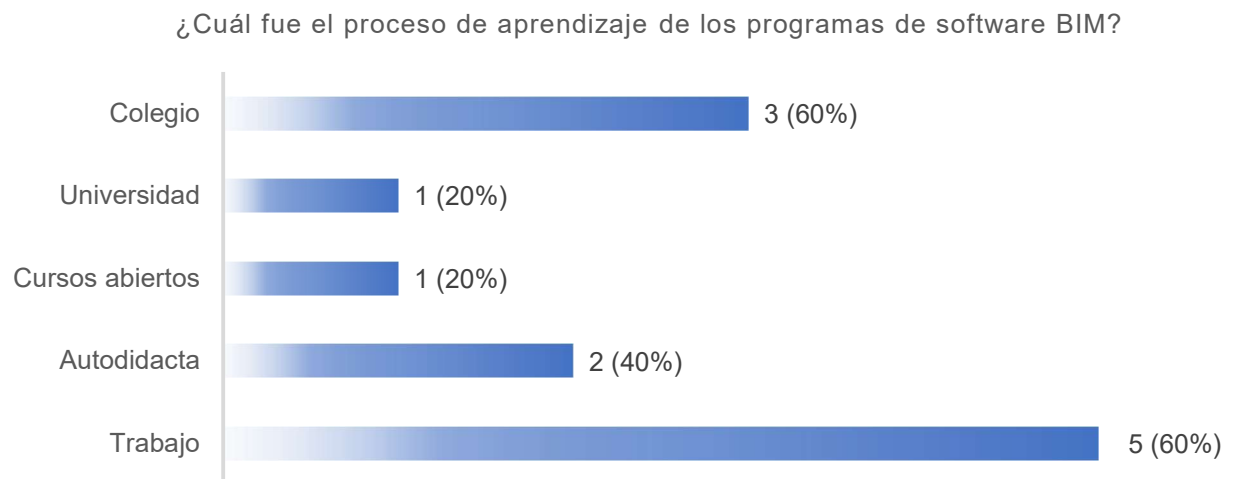


Figura 12. Respuesta al formulario, pregunta: ¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM?

Fuente: Formulario Trabajadores Blue AEC Studio, realizado en Google Forms.

En la misma se pudo concluir que todos los trabajadores han aprendido sobre las herramientas BIM en la empresa como parte de su trabajo. Se observa también que tres de ellos aprendieron en el colegio y los demás de manera autodidacta o por universidad o

cursos abiertos, aunque estos dos en menor medida. Para el personal que aprendió en el colegio sobre herramientas BIM se aclara que este es un colegio técnico en el cual se imparte Diseño Arquitectónico en Revit.

: ¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM?

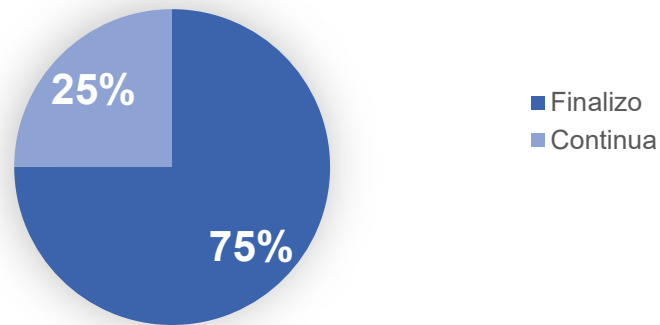


Figura 13. Respuesta al formulario, pregunta: ¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM?

Fuente: Formulario Trabajadores Blue AEC Studio, realizado en Google Forms.

En cuanto al proceso de aprendizaje se obtiene que la mayoría de los colaboradores indica que el proceso de aprendizaje continúa, como se señala en la **Figura 13**. Lo anterior, se basa en que el uso de la metodología BIM está en proceso de desarrollo en el país y hay muchas las herramientas BIM en el mercado, las cuales cambian y se actualizan continuamente. Además, se consulta sobre la duración del

proceso de aprendizaje, donde tres de los colaboradores indican que el proceso ha durado de 3 a 6 meses, un colaborador ha durado de 0 a 3 meses y otro ha durado más de un año, como se muestra en la **Figura 14**. Esto último se aclara sabiendo que los cursos abiertos y los cursos de universidades tienden a durar entre 4 y 6 meses, siendo algunos de 2 meses,

: ¿Cuánto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje?

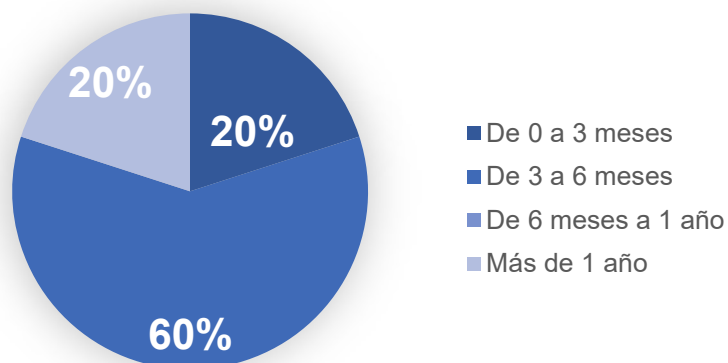


Figura 14. Respuesta al formulario, pregunta: ¿Cuánto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje?

Fuente: Formulario Trabajadores Blue AEC Studio, realizado en Google Forms.

Integración subcontratistas y proveedores

En el estudio de la colaboración se estudia el Plan de Ejecución BIM (BEP, por sus siglas en ingles), en el cual se deben establecer los roles y las responsabilidades de los involucrados en el proyecto, como: ingenieros, arquitectos, contratistas y propietarios, así como se deben de tomar en cuenta a subcontratistas, proveedores y fabricantes. Tal como se mencionó anteriormente, Cesar Jiménez, coordinador BIM en la empresa se encarga de crear y coordinar el Plan de Ejecución BIM.

En primer lugar, antes de plantear el Plan de Ejecución BIM se debe establecer quienes son los involucrados en el proceso, planteando cuales profesionales de la empresa asumirán un rol BIM. De igual manera se debe estudiar si los subcontratistas, los proveedores o los fabricantes se incluirán en el proceso, ya que esto depende del acceso que se brinde al modelo; y, si dichas partes cuentan con la experiencia o con las herramientas para intervenir en un proceso BIM.

En la entrevista se consultó quiénes se integran en el proceso BIM, a lo que los entrevistados contestan que esto depende del proyecto, los requerimientos del cliente, los softwares utilizados o el acceso de las partes a la tecnología.

Cesar Jiménez menciona como en ciertos proyectos se dividen las tareas de modelado entre empresa constructora o diseñadora y la empresa Blue Studio, u otras empresas especializadas desarrollan su modelo. Por ejemplo, el caso de una empresa enfocada

en la construcción de estructuras en acero se encarga del modelo estructural en dicho material.

De la misma manera, se presentan proyectos donde el propietario o los constructores no cuentan con softwares BIM, por lo que se establece mediante el BEP el uso de plataformas de visualización, como BIM Track, que permite la visualización del proyecto sin necesidad de programas de modelado.

En el caso de los subcontratistas y proveedores, estos se incluyen siempre que puedan aportar valor al proyecto. En la entrevista se presenta el caso de una empresa encargada de la ventanería del proyecto, quienes cuentan con softwares de modelado 3D, por lo que lograron realizar el listado de ventanas y la cuantificación en dichos programas de manera eficaz.

Los fabricantes deben estar involucrados en el proceso, conociendo que los modeladores se encargan de producir planos de taller que servirán de guía para los fabricantes. Sin embargo, en este punto es complicado involucrar subcontratistas y proveedores en el proceso, ya que actualmente en el país la metodología BIM no se ha instaurado de manera completa, sino que está en proceso de evolución, lo que lleva a pocas empresas a usar la metodología.

Análisis IPD

De modo que la empresa se centra en la consultoría el modelo de dirección integrado (IPD) no aplica, por lo que no se utiliza, esto considerando que el modelo se establece como un acuerdo entre diseñadores y constructores. Sin embargo, se propone el uso del método, por parte de la empresa como recomendación para el cliente, siendo este de la parte de diseño o de la parte de construcción. Dicha observación se plantea para los proyectos en los que se inicie con el cliente desde la fase de anteproyecto

El método IPD plantea el uso de contratos colaborativos con el objetivo de reducir costos presentes en la ejecución de proyectos de construcción. Esto al reconocer que los costos de tiempo, materiales y recursos humanos suelen aumentarse a medida que se avanza en el proyecto debido a errores de diseño, de planificación u otros.

Como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos más importantes de la metodología BIM es la colaboración (la cual describe la posibilidad de tener diversas especialidades trabajando para obtener un diseño final en conjunto), por lo que se contemplan los roles de las partes involucradas, considerando propietarios, administradores, arquitectos, ingenieros, constructores, contratistas y subcontratistas, fabricantes y proveedores.

Propuesta

En la elaboración del contrato IPD y en el seguimiento del proyecto se debe contar con plena integración de los diseñadores (arquitectónicos e ingenieriles) y constructores durante todo el ciclo del proyecto, esto sin dejar de lado al propietario. Esto se respeta actualmente en la empresa, donde se tiene comunicación constante entre las partes.

Para ejecutar los contratos colaborativos, se propone aprovechar los puntos fuertes de los involucrados con el fin de optimizar el trabajo, identificando tanto los roles de los participantes, como los intereses y las limitaciones de cada uno. En esta sección se propone buscar la participación de partes adicionales, tales como funcionarios del edificio, compañías locales de servicios públicos, aseguradoras, garantías y otras partes interesadas. Con ello, se busca establecer una estructura organizativa y empresarial adecuada que se ajuste a los requerimientos del proyecto.

Para implantar el uso de un contrato colaborativo se debe iniciar por definir el costo del proyecto en la etapa inicial del anteproyecto, luego el presupuesto base para realizar el proyecto o el costo base del proyecto para lograr el alcance. Dentro de los lineamientos a pactar se fija el objetivo de plazo y costo del proyecto, considerando el pago correspondiente a los equipos de diseño y de la parte constructora. Con esto se establecen incentivos económicos base compartidos en proporción al aporte de cada equipo.

Seguido de ello, se debe estipular las desviaciones sobre el costo objetivo que

dependan de los resultados del proyecto por medio de concretizaciones al valor de los riesgos y los beneficios de las partes. Para el final de esta fase, los involucrados habrán acordado los objetivos, así como los valores consensuados y pactados. Para ello, se incentiva a los equipos a aumentar la productividad o reducir costos, con lo cual aumentarían los incentivos. De igual manera, se penaliza a los equipos si se aumenta el plazo del proyecto o se aumentan los costos de este.

De modo que BIM e IPD implementan el uso de información compartida entre diferentes entidades y empresas, aspecto al que se debe prestar atención debido a la información compartida y la sensibilidad de esta. Por ello, se

debe instaurar en el contrato un acuerdo de confidencialidad que sirva para crear conciencia a los participantes sobre la importancia de la información y el cuidado de la misma. En esta sección también se debe prestar atención a la documentación, estableciendo desde el inicio el manejo de esta.

Por todo lo anterior, se propone que el Plan de Ejecución BIM se agregue al contrato para contar con un grado de obligatoriedad que asegure el cumplimiento de los lineamientos establecidos en este; a su vez, se plantea asignar la responsabilidad a los involucrados el proceso BIM para la atención de las actividades, herramientas y el seguimiento adecuado del proyecto.

Cuadro 3. *Propuesta de la metodología IPD modelo de dirección integrado*

Cuadro 3. Propuesta de la metodología IPD modelo de dirección integrado	
Bases	Detalle
Por pactar	Objetivo, costo y plazo
Involucrados principales	Propietarios, administradores, arquitectos, ingenieros, constructores,
Involucrados secundarios	Subcontratistas, fabricantes y proveedores.
Involucrados terciarios	Compañías locales de servicios públicos, aseguradoras, garantías y otras partes interesadas.
Puntos fuertes de los involucrados	Identificar los roles, intereses y limitaciones de los involucrados.
Plazo y costo	Definir desde el anteproyecto el presupuesto base y el plazo para lograr el alcance.
Valores consensuados y pactados	Proponer beneficios y riesgos.
Beneficios	Incentivos económicos base en proporción al aporte de cada equipo.
Riesgos	Penalización por aumento del plazo del proyecto o aumento de los costos.
información compartida	Confianza, sensibilidad y atención al uso de la información.
Plan de Ejecución BIM	Agregar obligatoriedad al plan para asignar mayor responsabilidad y atención a las actividades, herramientas y el seguimiento del proyecto.

Fuente: Elaboración propia, realizado en el software Excel

Recursos propios para la vinculación.

Synchro Pro dispone los recursos de la construcción mediante perfiles de apariencia, vinculación de tareas. Para los elementos constructivos de un proyecto se debe establecer la apariencia de cada uno durante su proceso de instalación.

En esta sección es importante mencionar que para el uso de Synchro Pro fue necesario utilizar un proyecto existente de la empresa, siendo este la construcción del Centro de Formación Profesional de San Ramon del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) Alajuela.

El proyecto consiste en una nueva sede en la cual se impartirán cursos de Turismo, Comercio, Servicios, Industria Alimentaria, eléctrico, Mecánica de vehículos, entre otros; para lo cual se designa la construcción de diferentes núcleos y espacios, lo cuales se enlistan a continuación:

- Núcleo de Turismo, Administración y Soda.
- Núcleo de Comercio y Servicios.
- Núcleo de Industria Alimentaria.
- Núcleo de Mecánica de vehículos y Tecnología de Materiales.
- Taller Multifuncional de Electromecánica y Refrigeración.
- Taller Laboratorio de Electrónica.
- Gimnasio Multiuso.
- Caseta de Acceso Principal.
- Caseta de Vigilancia.
- Caseta de Acceso Peatonal.
- Obras Complementarias.

En este proyecto la empresa Blue AEC Studio se encarga del modelado arquitectónica, estructural y de las instalaciones electromecánicas de dicho proyecto.

En el presente proyecto, como primera prueba en Synchro Pro se utiliza el modelo arquitectónico y estructural de la caseta de acceso principal del centro de formación. Dicha caseta cuenta con dos espacios destinados a la vigilancia: el primero cuenta con una cocineta y un servicio sanitario, el segundo espacio cuenta con un espacio de control peatonal, esto de acuerdo con la Planta de Distribución Arquitectónica que se muestra en la **Figura 15**. Además, se muestran los modelos de la estructura en las **Figuras 16, 17 y 18**.

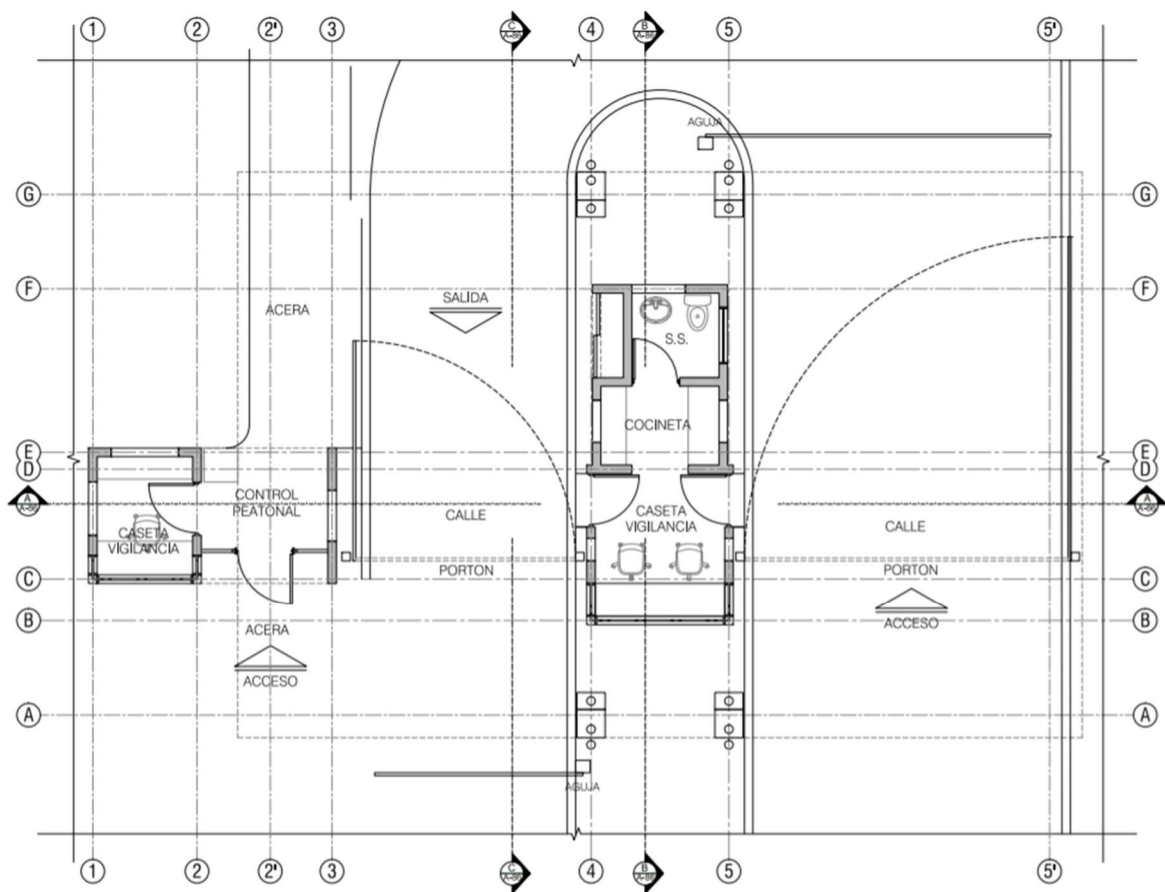


Figura 15.. Planta de Distribución Arquitectónica.

Fuente: Planos arquitectónicos, lamina A-83 del Centro de Formación Profesional de San Ramon del Instituto Nacional de Aprendizaje

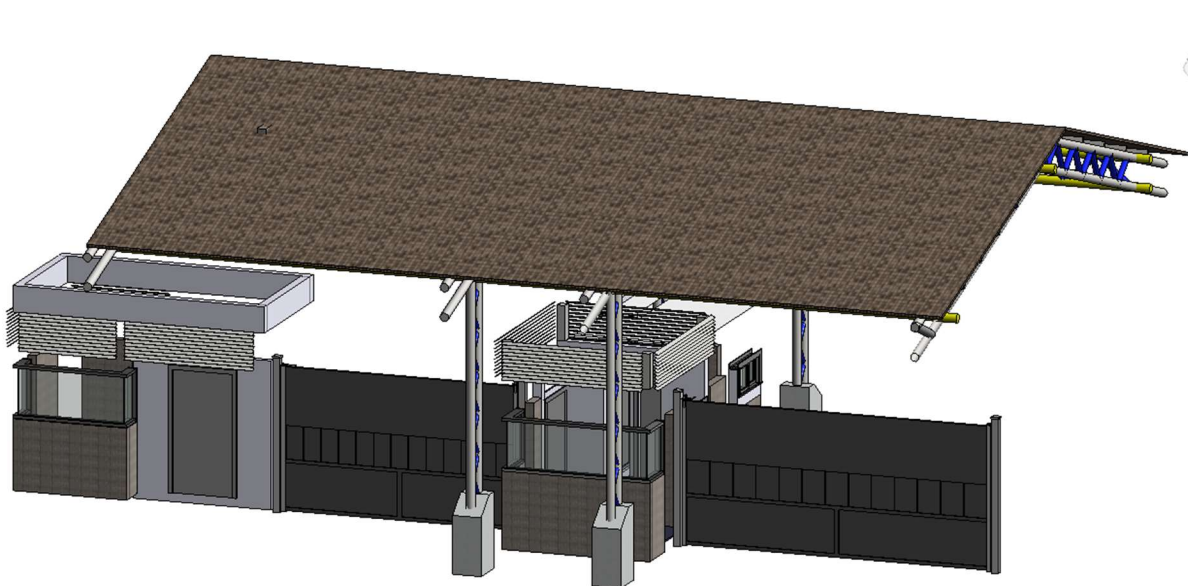


Figura 16. Modelo arquitectónico y estructura de techo de la caseta de acceso principal.

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Revit 2018

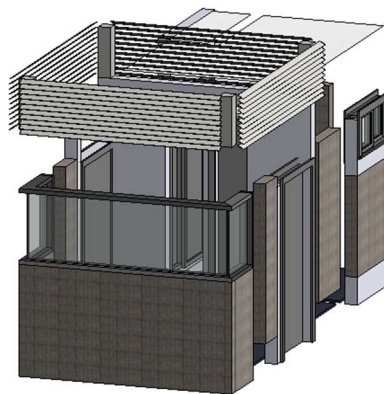


Figura 17. Modelo arquitectónico de la caseta de acceso principal.
Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Revit 2018

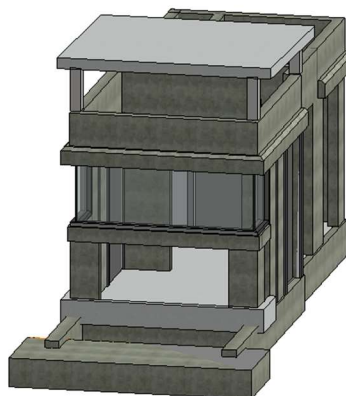
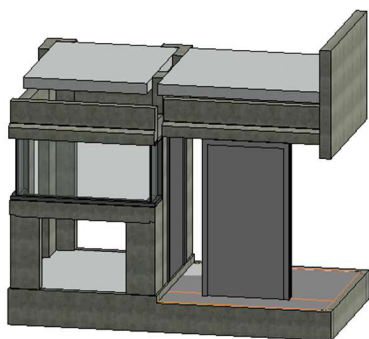


Figura 18. Modelo estructural de la caseta de acceso principal.
Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Revit 2018

Planeación de fases y etapas con el cronograma de obra.

Para la simulación del proceso constructivo de la caseta de vigilancia se debe realizar, en primera instancia la planeación de actividades mediante el cronograma de obra, el cual se muestra en la **Figura 19**, junto con su respectivo Diagrama de Gantt, esto en la **Figura 20**. Dentro del cronograma se incluyen actividades para la construcción de la caseta de vigilancia estrictamente, esto sin tener en cuenta los demás edificios del centro de formación, obras

temporales o elementos como tanque de agua potable o similares.

Para la elaboración del cronograma consideran duraciones, sin embargo, al importarlo al programa Synchro Pro estas serán modificadas por los rendimientos de mano de obra en unidades de medida de mano de obra en horas hombre (metros cúbicos/hora, metros cuadrados/hora, kh/hora, entre otros, según corresponda.

El cronograma completo se encuentra en el **Apéndice 3**.

	Task Mode	Nombre de tarea	Duration	Start	Finish
0		▸ Caseta de vigilancia	54 days	Tue 6/16/20	Fri 8/21/20
1		Inicio	0 days	Tue 6/16/20	Tue 6/16/20
2		▸ Preliminares	4 days	Tue 6/16/20	Fri 6/19/20
3		Limpieza inicial	2 days	Tue 6/16/20	Wed 6/17/20
4		Trazado	1 day	Thu 6/18/20	Thu 6/18/20
5		Excavacion	1 day	Fri 6/19/20	Fri 6/19/20
6		▸ Obra gris	41 days	Sat 6/20/20	Mon 8/10/20
7		▸ Cimientos (placa corrida)	6 days	Sat 6/20/20	Sat 6/27/20
12		▸ Columnas	8 days	Sat 6/27/20	Wed 7/8/20
18		▸ Paredes	4 days	Wed 7/8/20	Mon 7/13/20
22		▸ Vigas	19 days	Mon 7/13/20	Wed 8/5/20
23		▸ Viga banquina	6 days	Mon 7/13/20	Mon 7/20/20
29		▸ Viga cargador	6 days	Mon 7/20/20	Tue 7/28/20
35		▸ Viga corona	7 days	Tue 7/28/20	Wed 8/5/20
41		▸ Losas	35 days	Sat 6/27/20	Mon 8/10/20
42		▸ Contrapiso	33 days	Sat 6/27/20	Fri 8/7/20
46		▸ Cielos	4 days	Wed 8/5/20	Mon 8/10/20
50		▸ Techo	6 days	Tue 8/11/20	Tue 8/18/20
51		Bases	3 days	Tue 8/11/20	Thu 8/13/20
52		Estructura de techo	3 days	Fri 8/14/20	Tue 8/18/20
53		Clavadores	2 days	Tue 8/11/20	Wed 8/12/20
54		Cubierta	2 days	Thu 8/13/20	Fri 8/14/20
55		▸ Louvers	9 days	Wed 8/5/20	Mon 8/17/20
56		Columnas metalicas	2 days	Wed 8/5/20	Fri 8/7/20
57		Vigas	2 days	Fri 8/7/20	Mon 8/10/20
58		Louvers	1 day	Sat 8/15/20	Mon 8/17/20
59		▸ Arquitectonico	32 days	Mon 7/13/20	Fri 8/21/20
60		Paredes arq	6 days	Mon 7/13/20	Mon 7/20/20
61		▸ Cielos	6 days	Tue 8/11/20	Tue 8/18/20

Figura 19. Cronograma de obra de la Caseta de acceso principal

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla MS Project

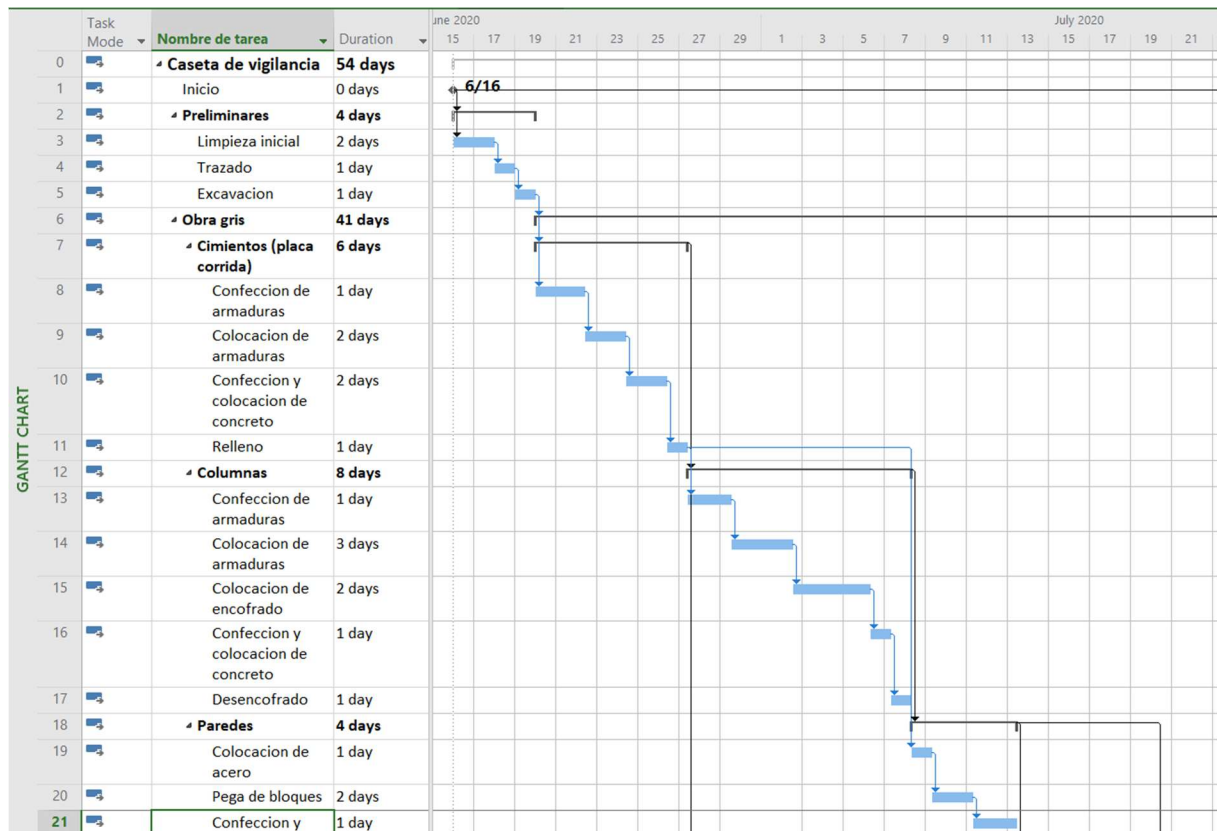


Figura 20. Diagrama de Gantt del cronograma de la Caseta de acceso principal
Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla MS Project

Listado de recursos.

Una vez realizado el cronograma se deben en listar los recursos necesarios para realizar la obra, esto considerando la mano de obra, los materiales y los equipos. En este punto se menciona que los recursos de materiales no serán considerados, esto de acuerdo con los requerimientos de la empresa.

Los recursos de mano de obra se detallan considerando:

- Maestro de obras: 1
- Operarios: 2
- Ayudante: 1
- Peones: 2

Por otro lado, se considera el equipo pesado, considerando:

- Excavadoras
- Motoniveladoras
- Camión de volquete

Además de ello, y ya que se desean estudiar los rendimientos de obra, dentro del listado de recursos se deben enlistar los rendimientos de mano de obra por actividad utilizando diversas unidades de medida por horas hombre.

Las horas hombre utilizadas corresponde a las enlistadas por el Colegio Federados de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) y por Randall Calvo (2007) en el proyecto de graduación “*Rendimientos de la mano de obra por horas-hombre en el área de construcción de*

viviendas para la empresa constructora MAVACON”. Los rendimientos resultantes se muestran en el **Cuadro 4 y 5**.

La lista completa de rendimientos de horas/hombre detallada por el CFIA se encuentra en el capítulo de Anexos, como **Anexo 2**.

Cuadro 4. Rendimientos de mano de obra horas hombre por actividad de diversas referencias

Cuadro 4. Rendimientos de mano de obra horas hombre de diversas referencias			
Actividades	Unidad	Rendimiento horas - hombre	
		CFIA (teórico)	MAVACON
Preliminares			
Limpieza inicial	m2	0.745	
Trazado de la obra	m2	0.649	
Movimiento de tierras			
Excavación, corte y relleno	m3	3.497	2.5872
Cimientos			
Confección de armaduras	kg	0.2	0.224
Colocación de armaduras	kg	0.102	0.094
Confección y colocación de concreto	m3	4.57	7.859
Relleno	m3	4.99	
Paredes			
Colocación de acero	kg	0.154	0.185
Pega de bloques	m2	0.808	1.127
Confección y colocación de concreto	m3	3.662	0.846
Columnas			
Confección de armaduras	kg	0.174	0.179
Colocación de encofrado	m2	2.538	2.335
Colocación de armaduras	kg	0.35	0.285
Confección y colocación de concreto	m3	4.969	8.339
Desencofrado	m2	1.104	0.257
Vigas			
Confección de armaduras	kg	0.18	0.121
Colocación de encofrado	m2	3.49	2.347
Colocación de armaduras	kg	0.209	0.259
Confección y colocación de concreto	m3	4.813	6.789
Desencofrado	m2	1.547	0.192

Fuente: Elaboración propia, en el software Microsoft Excel

Cuadro 5. Rendimientos de mano de obra horas hombre por actividad de diversas referencias

Cuadro 5. Rendimientos de mano de obra horas hombre de diversas referencias			
Actividades	Unidad	Rendimiento horas - hombre	
		CFIA (teórico)	MAVACON
Estructuras de techos			
Confección de estructura de techo	un	2.941	
Colocación de estructura de techo	un	1.513	
Colocación de cubierta	m2	0.447	
Colocación de hojalatería			
Colocación de canoas	ml	0.985	
Colocación de botaguas	ml	0.713	
Colocación de cumbrera	ml	0.97	
Contrapiso			
Colocación de lastre	m3	5.424	
Confección y colocación de concreto	m3	4.844	
Acabado	m2	0.086	
Cielos			
Colocación de suspensión	m2	0.88	
Colocación de láminas	m2	1.222	
Aplicación de pasta	m2	1.038	
Pisos			
Colocación de piezas	m2	0.824	
Fraguado	m2	1.197	
Ventanas			
Colocación marco y vidrio	m2	0.474	
Puertas			
Colocación marco, puerta y cerrajería	un	4.251	
Pintura y acabados			
Colocación de pintura	m2	0.836	
Entrega			

Fuente: Elaboración propia, en el software Microsoft Excel.

Asignación de costos y recursos a tareas

La asignación de recursos y costos a las actividades del proceso constructivo consiste en designar las cuadrillas de trabajo y los costos de esta, de acuerdo con el salario por hora, asimismo se deben considerar los materiales y equipos a utilizar y el costo de cada uno y demás recursos que se vean involucrados en cada actividad.

En el programa Project se establecen los recursos de mano de obra, según la cuadrilla mencionada anteriormente, de acuerdo con el salario de cada trabajador. Además, se

establecen los costos de ciertos materiales, como lo es el concreto.

Por otro lado, en Synchro se establecen los recursos humanos contando con el trabajo que realizan por hora según el material, así como se pueden tratar los equipos y los costos de cada recurso.

Definir recursos en Project

Una vez completado el cronograma y la lista de recursos de construcción se procede a realizar la asignación de recursos a las tareas en el programa Project, esto para garantizar que todos los recursos se encuentran disponibles a la hora de iniciar cada tarea.

	Task Mode ▾	Nombre de tarea ▾	Duration ▾	Cost ▾	Resource Names ▾	Add
6	🔧	Obra gris	53.38 days	₡32,686,836.67		
7	🔧	Cimientos (placa corrida)	6.13 days	₡1,299,412.00		
8	🔧	Confeccion de armaduras	1.63 days	₡182,852.67	MO, Peon 1, Peon 2	
9	🔧	Colocacion de armaduras	2 days	₡380,569.33	MO, Ayudante 1, Peon 3	
10	🔧	Confeccion y colocacion de concreto	3 days	₡545,705.33	MO, Peon 1, Peon 2, Concreto[2 m3]	
11	🔧	Relleno	1 day	₡190,284.67	MO, Ayudante 1, Peon 3	
12	🔧	Columnas	11.38 days	₡2,501,048.33		
13	🔧	Confeccion de armaduras	1.5 days	₡182,852.67	MO, Peon 1, Peon 2	
14	🔧	Colocacion de armaduras	4.5 days	₡836,906.00	MO, Ayudante 1, Peon 3	
15	🔧	Colocacion de encofrado	4.38 days	₡482,536.33	MO, Peon 1, Peon 2	
16	🔧	Confeccion y colocacion de concreto	1.5 days	₡728,968.67	MO, Ayudante 1, Peon 3, Concreto[5 m3]	
17	🔧	Desencofrado	1 day	₡190,284.67	MO, Ayudante 1, Peon 3	
18	🔧	Paredes	5.5 days	₡1,279,508.67		
19	🔧	Colocacion de acero	2 days	₡225,336.67	MO, Peon 1, Peon 2	
20	🔧	Pega de bloques	3 days	₡557,937.33	MO, Ayudante 1, Peon 3	
21	🔧	Confeccion y colocacion de concreto	1 day	₡350,284.67	MO, Ayudante 1, Peon 3, Pared de concreto[8 m2]	
22	🔧	Vigas	25.88 days	₡20,257,981.67		
23	🔧	Viga banquina	8 days	₡1,896,893.00		

Figura 21. Asignación de recursos al cronograma en Project

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla MS Project

Definir recursos en Synchro

Synchro Pro clasifica los recursos como materiales, equipos, localización y humanos. Los recursos materiales serán todos aquellos que se presenten en el modelo 3D y que se vinculen al cronograma. Los equipos son objetos 3D que pueden ser asignados a tareas. La localización permite estudiar la logística del sitio.

Synchro permite agregar a su programación los recursos, según su clasificación, esto determinando la jornada y su costo, esto como se muestra en la **Figura 22**. Para esta figura es importante considerar que Synchro no cuenta con la unidad de moneda para Costa Rica en Colones “₡”, por lo que se presenta la unidad predeterminada por el programa, en dólares.

Resources				
	Name	Type	Cost Type	Cost
	▲ Equipment Resources			
2	Vagoneta	Equipment	Hourly (Complete)	\$80,000.00
3	Motoniveladoras	Equipment	Hourly (Complete)	\$100,000.00
4	Excavator.dwf	Equipment	Hourly (Complete)	\$80,000.00
5	Bomba Telescopica	Equipment	Per Unit	\$0.00
	▲ Human Resources			
7	Peon 3	Human	Hourly (Complete)	\$10,620.00
8	Peon 2	Human	Hourly (Complete)	\$10,620.00
9	Peon 1	Human	Hourly (Complete)	\$10,620.00
10	Operario 1	Human	Hourly (Complete)	\$10,620.00
11	MO	Human	Monthly	\$310,000.00
12	Ayudante	Human	Hourly (Complete)	\$11,550.00
	▲ Material Resources			
14	▲ Site.dwfx	Material		
15	▲ Walls (13)	Material		
16	▲ Basic Wall (13)	Material		
17	▲ Site Perimeter ...	Material		
18	Basic Wall [...]	Material		
19	Basic Wall [...]	Material		
20	Basic Wall [...]	Material		
21	Basic Wall [...]	Material		
22	Basic Wall [...]	Material		
23	Basic Wall [...]	Material		
24	Basic Wall [...]	Material		
25	Basic Wall [...]	Material		
26	Basic Wall [...]	Material		
27	Basic Wall [...]	Material		

Figura 22. Listado de recursos en Synchro Pro

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla MS Project

Los recursos del modelo y los equipos se pueden importar como objetos, de modo que se traten como recursos 3D. Los objetos son representaciones que se pueden ver y manejar en la vista 3D. Para que esta geometría se vincule al cronograma del proyecto es necesario asignarlos a recursos.

Synchro provee una sección llamada “Resource Wizard” o asistente de recursos, donde se puede manejar el uso que se da a cada recurso importado. Como se muestra en la **Figura 23**.

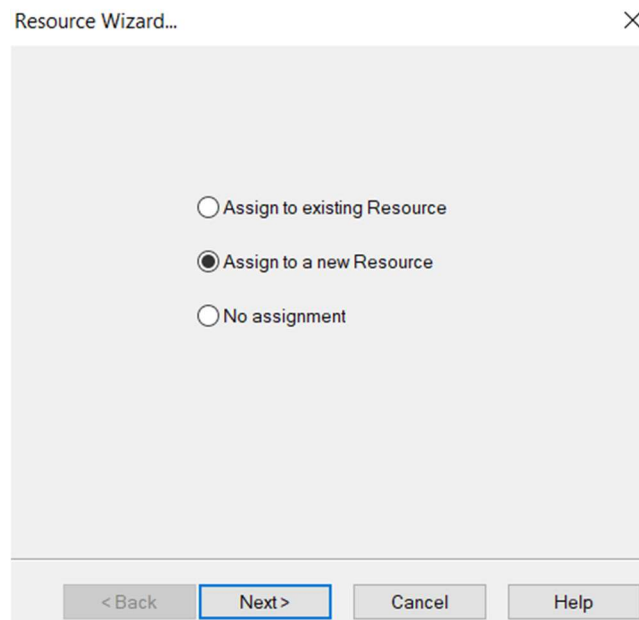


Figura 23. Pantalla presentación “Resource Wizard”.

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

En la **Figura 23** se muestra las opciones:

- Asignar a un recurso existente
- Asignar a un nuevo recurso
- Sin asignación

Las opciones se eligen a como el usuario desee utilizar el recurso. Sin embargo, se especifica que al seleccionar “Sin asignación” el proceso de importación 3D finalizara, esto sin crear el recurso, por lo que estos objetos no podrán asignarse a las tareas.

En Synchro, los recursos se clasifican en Equipo, Humano, Ubicación o Material, lo cual se define en la ventana de detalles de los recursos, la cual se muestra en la **Figura 24**. En esta ventana se presenta el archivo importado y se debe especificar el tipo de recursos que lo caracteriza. Al importar un modelo de Revit, el programa lo tomará como un recurso Material, así como al importar maquinaria pesada, se tomará como Equipo.

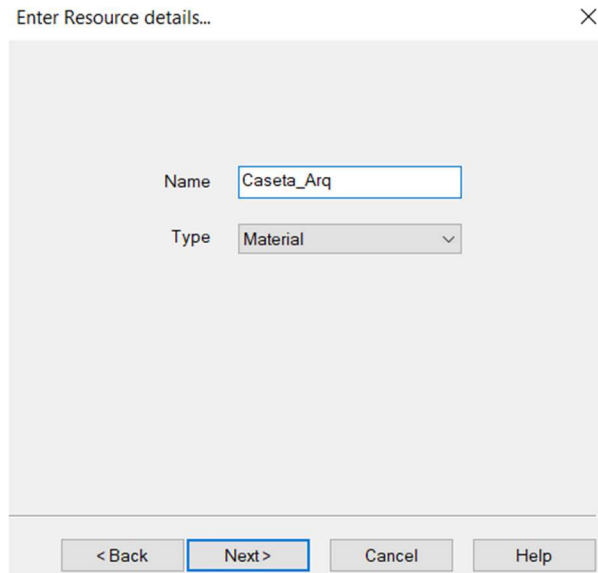


Figura 24. Pantalla de detalle de los recursos.

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

Seguidamente, se procede a la creación de recursos, donde se muestran cuatro opciones, las cuales permiten filtrar o agrupar los objetos

importados al añadir o asignar un recurso, a como se muestra en la **Figura 25**.

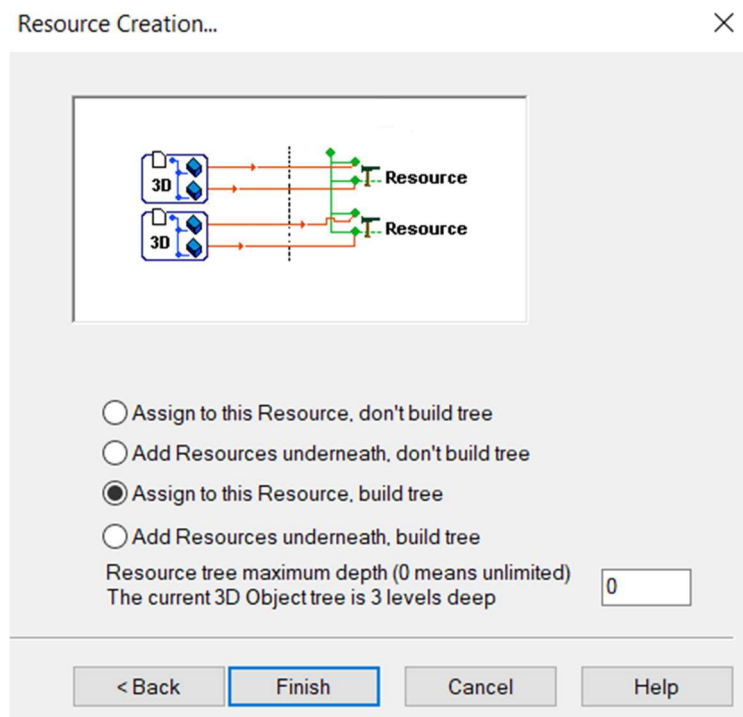


Figura 25. Pantalla de creación de recursos

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

1. **Asignar a este recurso, no construir árbol (Assign to this Resource, don't build tree):** Crea un solo recursos donde múltiples objetos están agrupados al importar el archivo 3D. Esta clasificación se utiliza al importar objetos 3D sin necesidad de contar con subelementos.
2. **Agregar recursos debajo, no construyas un árbol (Add Resource underneath, don't build a tree):** Crea un recurso por cada archivo importado, donde las partes se combinan dentro de cada archivo.
3. **Asignar a este recurso, construir árbol (Assign to this Resource, build tree):** Crea múltiples recursos con la misma estructura de la lista de objetos 3D del archivo importado. Esta clasificación se utiliza al importar archivos de modelo, lo cuales cuentan con una estructura con los elementos que componen el proyecto.
4. **Agregar recursos debajo, construir árbol (Add Resources underneath, build tree):** Crea múltiples recursos con la misma estructura de la lista de objetos 3D al importar uno o varios archivos.

La opción por elegir depende de la cantidad de archivos importados y de cómo se les dará uso en Synchro, esto considerando que se añadirán a una tarea como conjunto o a diversas tareas.

Las opciones "Asignar a este recurso" y "Agregar recursos debajo" depende de la cantidad de recursos que se desean crear, esto de acuerdo con la funcionalidad de los objetos y a la cantidad de tareas a la que se va a vincular. La primera y tercera opción Synchro al importar los archivos creará un recurso para cada uno de los elementos individuales. En cambio, en la segunda y tercera opción "Agrega recursos debajo" importa los archivos divididos, lo cual se aplicará como recursos por separado.

Las opciones "no construir árbol" y "construir árbol" se deben seleccionar según la agrupación que se desea para los archivos y el uso que se le dará a los recursos. Se recomienda utilizar la primera o segunda opción "no construir árbol" para agrupar todos los objetos dentro de un elemento. Esto considerando equipos, como maquinaria pesada, los cuales se asignan a las tareas como un conjunto, y no necesitan ensamblarse.

La tercera o cuarta opción de "construir árbol" se utilizan cuando es necesario asignar objetos a diferentes tareas. La cuarta opción "Agregar recursos debajo, construir árbol" establece la estructura de árbol de objetos más grande, con opciones por filtrar y asignar recursos a las tareas. Esta última opción será la utilizada al importar el modelo 3D, ya que cada elemento de este se vincula a una tarea diferente.

Importación de la planificación del programa MS Project

Para la vinculación del modelo 3D con el cronograma se deben importar desde Project a Synchro. Para el caso del cronograma se dice que la herramienta soporta la importación y la exportación desde diversos programas, como los son Synchro Scheduler, Asta Powerproject, Microsoft Project, PMA NetPoint, Oracle Primavera P6 y formato IFC. Se especifica que

para MS Project se debe guardar el proyecto en formato XML, dado que este es el único formato que admite Synchro Pro.

Para importar el cronograma desde dicho formato se debe recurrir a la pestaña inicial de Archivo o “File” en el menú superior, en la opción Importar o ‘Import’ y se selecciona el programa desde el cual se importará el cronograma, en este caso Microsoft Project XML, a como se muestra a **Figura 26**.

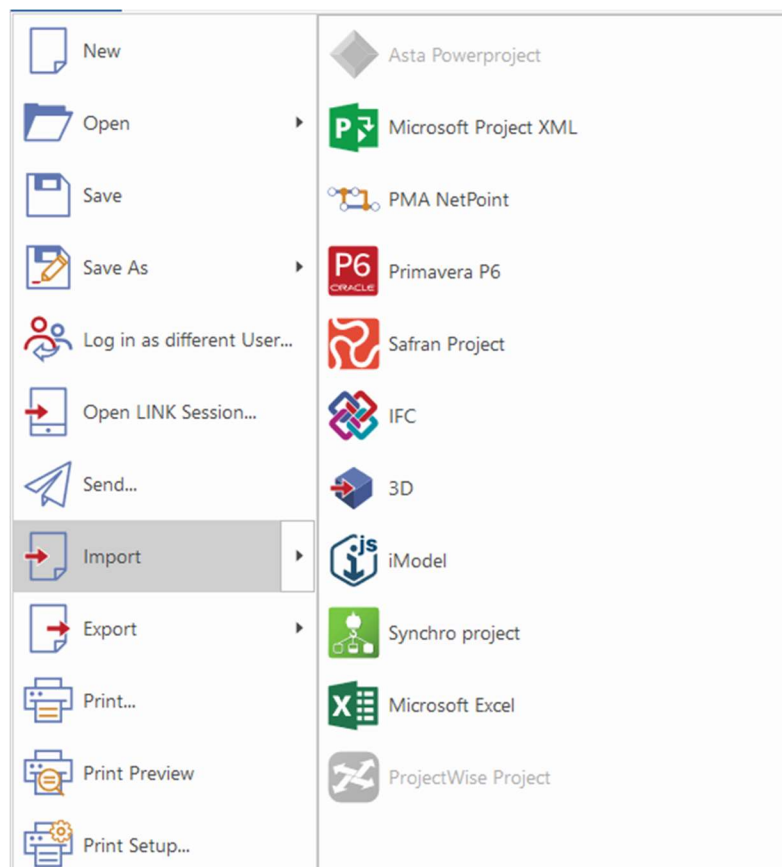


Figura 26. Importar cronograma

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

Una vez que se ha elegido el archivo a importar, el programa abrirá una ventana, la cual consulta al usuario cuales procesos desea importar, ya sean tareas, costos, calendarios,

recursos, entre otros, a como se muestra en la **Figura 27**. En esta sección se recomienda mantener la configuración por defecto.

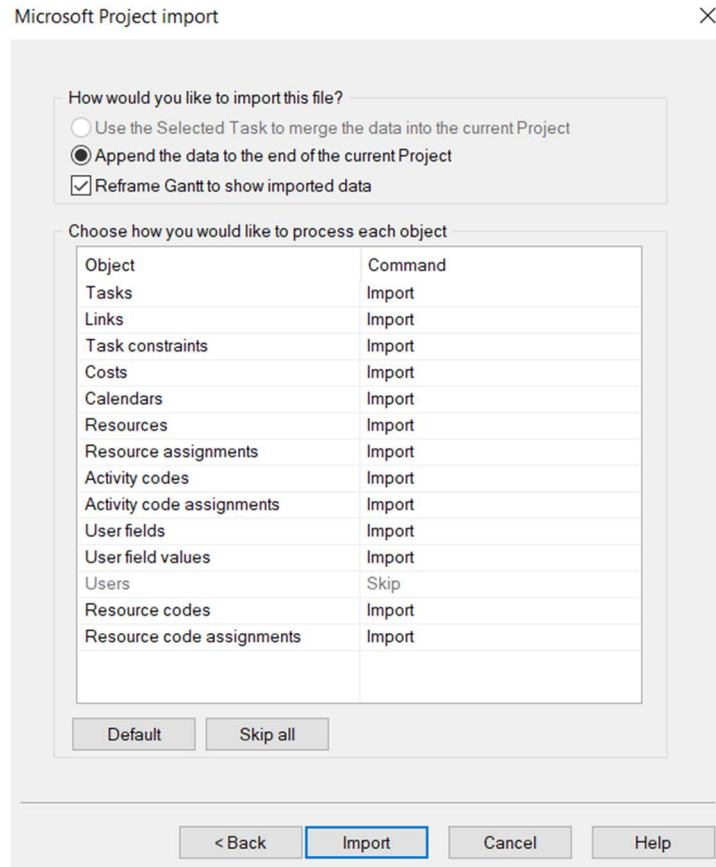


Figura 27. Importar Microsoft Project

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

Con ello se selecciona Importar. Seguidamente, el programa mostrar una barra de progreso a medida que carga la información, una vez que finaliza el proceso se selecciona finalizar y se mostrara el cronograma en la pantalla, donde se mostrara en el lado izquierdo la lista de tareas y al lado derecho el diagrama de Gantt. Este cronograma se muestra en la **Figura 28**, con su respectivo Diagrama de Gantt. Asimismo, se muestra de forma completa en el **Apéndice 5**.

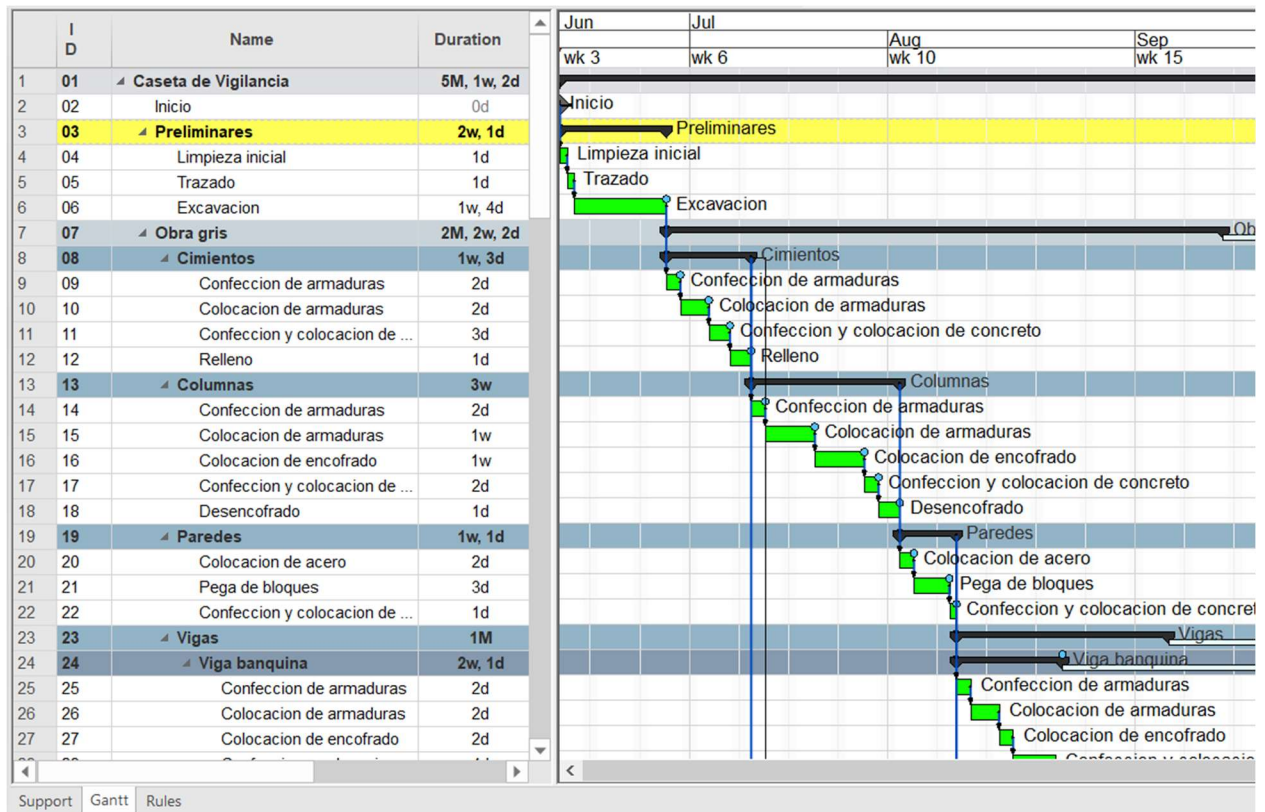


Figura 28. Diagrama de Gantt del cronograma de la Castea de acceso principal

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Synchro Pro

Perfiles de recursos 3D

Cuando se asigna una tarea a un recurso, el perfil de apariencia asignado dictará como se visualiza este durante la simulación, esto antes de iniciarse la tarea, durante su desarrollo y una vez finalizada. Los perfiles de apariencia se ven dictados por los controles de apariencia en Synchro de acuerdo con el tiempo y la acción.

Synchro propone cuatro perfiles de acción predefinidos, siendo estos Instalar, Mantener, Neutral, Eliminar, y Temporal (Install, Maintain, Neutral, Remove, and Temporary), los cuales dictaran el comportamiento de los recursos, de acuerdo con la tabla mostrada en la **Figura 29**.

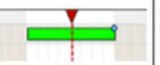
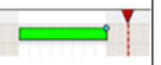
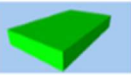
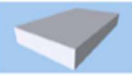
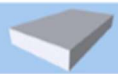
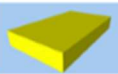
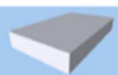
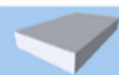
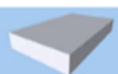
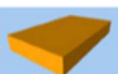
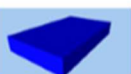
	BEFORE	DURING	AFTER
			
INSTALL			
MAINTAIN			
NEUTRAL			
			
REMOVE			
TEMPORARY			

Figura 29. Perfiles de acción predefinidos
Fuente: Tutorial Synchro Pro

De igual manera, los perfiles de apariencia pueden ser editados para controlar el color para cada recurso según el perfil de tiempo

(antes, durante y después de la tarea), la simulación de crecimiento (growth simulation) y la transparencia.

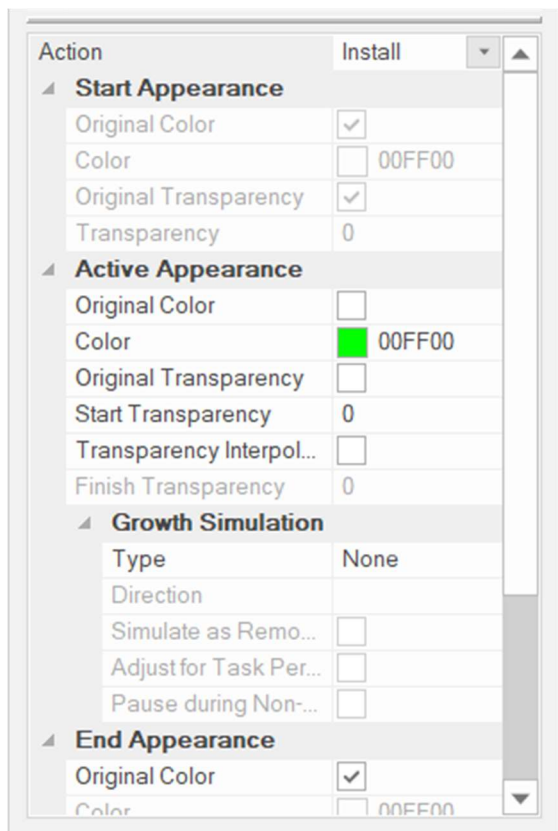


Figura 30. Características de los perfiles de apariencia

Fuente: Captura de pantalla Synchrony Pro

Por lo que, para visualizar el proyecto a gusto del usuario, Synchrony permite establecer la acción, cambiar los colores, definir la simulación de crecimiento, añadir transparencia y establecerla para diferentes Inicio y Final. Ya que los usuarios aplican las características de diversas formas, se propone un listado para estandarizar las actividades usuales en construcción, siguiendo los colores mostrados en la **Figura 29**, pero con tonalidades diferentes para los elementos a instalar, como se muestra

en los **Cuadros 6**. Se especifica que dicho listado se propone para actividades que reflejen cambio en la construcción, por ejemplo, la colocación y pega de bloques para las paredes.

Para seguir dicho listado, se menciona que el usuario puede dejar la configuración por defecto; sin embargo, la lista se recomienda como un método para facilitar la visualización. Además, para la simulación de crecimiento, se indica Lateral o Vertical de acuerdo con el elemento: se especifica que en modo lateral el

usuario puede escoger Izquierda, Derecha o Viceversa, Adelante o Atrás (siempre que resulte lógico según el terreno o el proyecto). Para ciertas actividades, la construcción de pilotes se realiza la simulación de elemento en elemento, siguiendo el proceso de construcción, por medio de la opción “Custom”, ya sea en el tipo de

simulación o agrupando los objetos. En el caso de actividades como el trazado de obra o la colocación de sistemas electromecánicos, se recomienda realizar la simulación en modo lineal. Se indica que la simulación de crecimiento se explica con mayor detalle en el manual.

Cuadro 6. Perfil de recursos 3D

Cuadro 6. Perfil de recursos 3D					
Actividades	Perfil	Color			Crecimiento
		Antes	Durante	después	
Obras Temporales	Temporal	-		-	Adelante - Atrás / Izquierda - Derecha
Cimientos / Vigas	Instalar	-		Original	Adelante - Atrás / Izquierda - Derecha
Losas	Instalar	-		Original	Adelante - Atrás / Izquierda - Derecha
Paredes / Columnas / Pilotes	Instalar	-		Original	Abajo - Arriba
Estructura metálica	Instalar	-		Original	Adelante - Atrás / Izquierda - Derecha
Sistema eléctrico	Instalar	-		Original	Personalizado
Sistema mecánico	Instalar	-		Original	Personalizado
Pintura	Instalar	-		Original	Abajo - Arriba
Ventanería	Instalar	-		Original	NA
Pisos	Instalar	-		Original	NA
Puertas	Instalar	-		Original	NA

Fuente: Elaboración propia, en el software Microsoft Excel

Vinculación de objetos 3D a tareas

La vinculación de objetos 3D a las tareas es la parte primordial al realizar un proyecto en Synchro, ya que esto permite relacionar el cronograma con el modelo 3D, así como relaciona las tareas a elementos constructivos del modelo. Este proceso incluye la asignación de recursos 3D, el proceso de emparejamiento,

la creación de tareas nuevas, la edición de objetos, equipos y rutas 3D, temas que se explican en el capítulo 3 del Manual de uso de Synchro, producto de este proyecto.

La asignación de recursos materiales de la Caseta de Vigilancia se muestra en la **Figura 31** donde se muestran la cantidad recursos 3D asignados por tarea y el perfil de apariencia por cada recurso, de acuerdo con los mostrados en la **Figura 29** y el **Cuadro 6**.

	I D	Name	3D Resources	Resource Appearance Pr...	Appearance Type
1	01	▲ Caseta de Vigilancia	(484)		
2	02	Inicio			
3	03	▲ Preliminares	(3)		
4	04	Limpieza inicial			
5	05	Trazado			
6	06	Excavacion	3	Equiment Temporary,...	Install, Temporary
7	07	▲ Obra gris	(365)		
8	08	▲ Cimientos	(68)		
9	09	Confeccion de armaduras	17	Neutral	Neutral
10	10	Colocacion de armaduras	17	Neutral	Neutral
11	11	Confeccion y colocacion de ...	17	Concrete	Install
12	12	Relleno	17	Neutral	Neutral
13	13	▲ Columnas	(85)		
14	14	Confeccion de armaduras	17	Neutral	Neutral
15	15	Colocacion de armaduras	17	Neutral	Neutral
16	16	Colocacion de encofrado	17	Neutral	Neutral
17	17	Confeccion y colocacion de ...	17	Paredes	Install
18	18	Desencofrado	17	Neutral	Neutral
19	19	▲ Paredes	(66)		
20	20	Colocacion de acero	22	Neutral	Neutral
21	21	Pega de bloques	22	Paredes	Install
22	22	Confeccion y colocacion de ...	22	Neutral	Neutral
23	23	▲ Vigas	(125)		
24	24	▲ Viga banquina	(20)		
25	25	Confeccion de armaduras	4	Neutral	Neutral
26	26	Colocacion de armaduras	4	Neutral	Neutral
27	27	Colocacion de encofrado	4	Neutral	Neutral

Figura 31. Asignación de recursos con su respectivo perfil de apariencia

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Synchro Pro

La vinculación de recursos incluye la asignación de las tasas de rendimiento de mano de obra a las tareas, para ello es necesario establecer en Synchro Pro las reglas de rendimiento, de acuerdo con los valores expuestos en el **Cuadro 4 y 5**. Las reglas de rendimiento se establecen indicando el nombre de la tarea, la tasa de trabajo y la unidad de medida trabajado por hora

(unidad entre hora), esto a como se muestra en la **Figura 32**. En esta sección es importante mencionar que se debe calcular la inversa de los rendimientos mostrados anteriormente en los **Cuadros 4 y 5**. Asimismo, en la **Figura 33** se exhiben las reglas de rendimiento asignadas a cada actividad del cronograma.

	I D	Description	Rate	Unit / Hour
0	RUL...	Limpieza inicial	0.45	Sq meter
1	RUL...	Nivelación	0.51	Sq meter
2	RUL...	Trazado de la obra	0.51	Sq meter
3	RUL...	Excavacion, corte y relleno	0.09	Sq meter
4	RUL...	Cimientos Confeccion de armaduras	1.49	Kilo
5	RUL...	Cimientos Colocacion de armaduras	3.27	Kilo
6	RUL...	Cimientos Confeccion y colocacion de c...	0.04	Cubic m...
7	RUL...	Cimientos Relleno	0.07	Cubic m...
8	RUL...	Paredes Colocacion de acero	1.80	Kilo
9	RUL...	Paredes Pega de bloques	0.30	Sq meter
10	RUL...	Paredes Confección y colocación de co...	0.09	Cubic m...
11	RUL...	Columnas Confeccion de armaduras	1.86	Kilo
12	RUL...	Columnas Colocacion de encofrado	0.13	Sq meter
13	RUL...	Columnas Colocacion de armaduras	0.95	Kilo
14	RUL...	Columnas Confección y colocación de c...	0.04	Cubic m...
15	RUL...	Columnas Desencofrado	0.30	Sq meter
16	RUL...	Vigas Confeccion de armaduras	1.85	Kilo
17	RUL...	Vigas Colocacion de encofrado	0.10	Sq meter
18	RUL...	Vigas Colocacion de armaduras	1.29	Kilo
19	RUL...	Vigas Confección y colocación de concr...	0.05	Cubic m...
20	RUL...	Vigas Desencofrado	0.22	Sq meter
21	RUL...	Estructuras de techos	0.33	Meter
22	RUL...	Colocación de cubierta principal	0.75	Sq meter
23	RUL...	Repello grueso	0.47	Sq meter
24	RUL...	Repello fino	0.16	Sq meter
25	RUL...	Contrapiso Colocación de lastre	0.06	Cubic m...
26	RUL...	Contrapiso Confección y colocación de ...	0.07	Cubic m...
Support Gantt Rules				

Figura 32. Reglas de rendimiento por actividad

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Synchro Pro

	I D	Name	Duration	Task Rule
8	08	▲ Cimientos	4w, 1d	
9	09	Confeccion de armadu...	1d	Cimientos Colocacion de armaduras
10	10	Colocacion de armadu...	3d	Cimientos Confeccion de armaduras
11	11	Confeccion y colocaci...	2w	Cimientos Confeccion y colocacion de ...
12	12	Relleno	1w, 2d	Cimientos Relleno
13	13	▲ Columnas	2M, 2w, 3d	
14	14	Confeccion de armadu...	3d	Columnas Confeccion de armaduras
15	15	Colocacion de armadu...	1w, 2d	Columnas Colocacion de armaduras
16	16	Colocacion de encofrado	3w	Columnas Colocacion de encofrado
17	17	Confeccion y colocaci...	1M, 3d	Columnas Confección y colocación de ...
18	18	Desencofrado	1w, 2d	Columnas Desencofrado
19	19	▲ Paredes	3w, 4d	
20	20	Colocacion de acero	1d	Paredes Colocacion de acero
21	21	Pega de bloques	3w, 2d	Paredes Pega de bloques
22	22	Confeccion y colocaci...	0d	Paredes Confección y colocación de c...
23	23	▲ Vigas	1M, 4d	
24	24	▲ Viga banquina	1w, 3d	
25	25	Confeccion de arm...	0d	Vigas Confeccion de armaduras
26	26	Colocacion de arm...	0d	Vigas Colocacion de armaduras
27	27	Colocacion de enco...	4d	Vigas Colocacion de encofrado
28	28	Confeccion y coloc...	2d	Vigas Confección y colocación de conc...
29	29	Desencofrado	2d	Vigas Desencofrado
30	30	▲ Viga cargador	1w, 1d	
31	31	Confeccion de arm...	0d	Vigas Confeccion de armaduras
32	32	Colocacion de arm...	0d	Vigas Colocacion de armaduras
33	33	Colocacion de enco...	3d	Vigas Colocacion de encofrado

Figura 33. Reglas de rendimiento asignadas a tareas

Fuente: Elaboración propia, Captura pantalla Synchro Pro

Manual de uso de modelado BIM 4D.

Vinculación de la herramienta Synchro con Revit.

En lo que respecta al caso del modelo 3D, se establece que Synchro admite importar diversos tipos de archivos para modelos, entre ellos se mencionan los formatos DWF, DWG, DGN, SKP, 3D PDF, and IFC. Dentro de ellos no se menciona Revit, o el formato RVT, esto considerando que, para este tipo de archivos, así como para otros programas de Autodesk como Navisworks, en formato NWD and NWF, se debe habilitar un 'plug-in', o complemento, para convertir el archivo a un formato de proyecto en Synchro SPX.

El complemento es brindado directamente por la empresa Synchro Software Ltd. en su sitio web oficial, donde se menciona que el complemento admite exportar directamente desde Revit al formato SPX,

además de ello proporciona opciones para la sincronización, el intercambio de datos y la exportación. En el sitio web de la empresa se detallan cuatro complementos, los cuales varían según la versión de Synchro y la compatibilidad con Revit y la versión de este. En este caso se cuenta con la versión 6 de Synchro y Revit 2018.

Asimismo, el modelo 3D se puede exportar de Revit como archivo IFC e importarlo a Synchro, sabiendo que Synchro sí permite archivos de este tipo sin necesidad de complementos o 'plugins'.

Para importar el modelo, al igual que el cronograma, se debe recurrir a la pestaña inicial de Archivo, posteriormente se selecciona Importar, luego 3D. Una vez que se selecciona el archivo a importar, el programa abre diversas ventanas para configurar la información del modelo, así como para organizar las tareas y los recursos importados.

Primero se muestra una ventana con diferentes ítems correspondientes a la importación 3D, a como se muestra en la **Figura 34**.

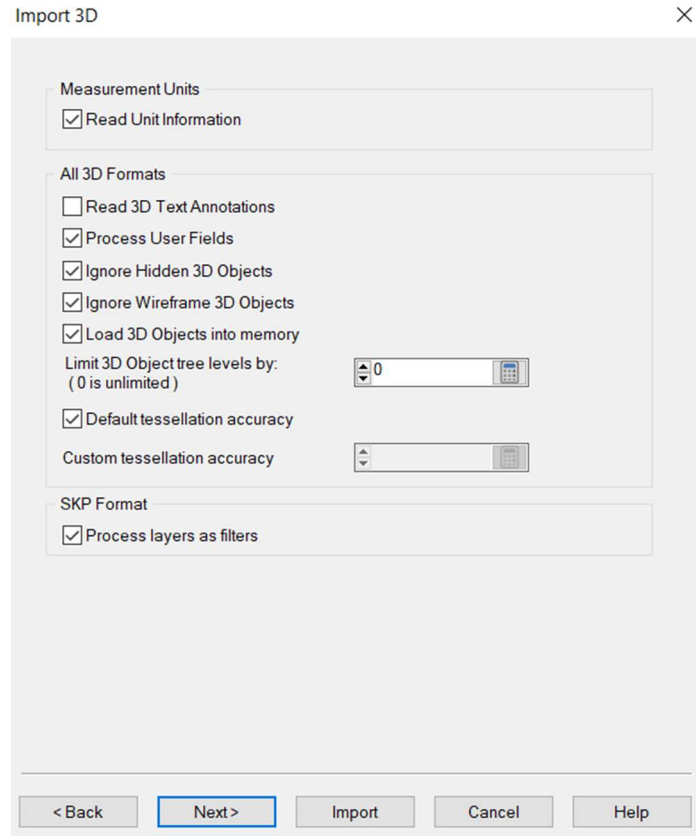


Figura 34. Importación 3D

Fuente: Captura de pantalla Synchro Pro

- **Read Unit Information.** (Leer información de la unidad) Permite procesar la información de unidades de medida del modelo.
- **Read 3D Text Annotations** (Leer anotaciones de texto en 3D) Permite procesar el texto asignado a un objeto 3D en el archivo.
- **Process User Fields** (Procesar campos de usuario) Permite importar parámetros generados con la geometría 3D
- **Ignore Hidden 3D Objects** (Ignorar objetos 3D ocultos) Descarta objetos ocultos por filtros o controles de visualización, por lo que estos no se importaran.
- **Ignore Wireframe 3D Objects** (Ignorar objetos 3D lineales) Descarta objetos de polilíneas, líneas, arcos, círculos, los cuales no se importarán al archivo
- **Load 3D Objects into memory** (Cargar objetos 3D en la memoria) Controla si los objetos importados se cargan en la memoria automáticamente, los objetos importados no serán visibles en la ventana 3D. Esta opción se recomienda para archivos grandes.
- **Default Tessellation Accuracy** (Precisión de teselación predeterminada) Determina la precisión del motor de teselación para el control de este, una teselación alta genera lentamente superficies geométricas detalladas y una baja teselación generará rápidamente superficies de geometría con menor detalle.

Manual de uso de Synchro Pro.

El manual de uso del software Synchro Pro realizado para su uso en la empresa Blue AEC Studio se realiza considerando un proceso de modelado 4D que resulte intuitivo para los colaboradores de la empresa, de modo que el seguimiento del proyecto resulte eficaz. Johnny Mora, 'manager' de Blue AEC Studio provee una gráfica con el proceso de modelado 4D que permita llevar un seguimiento del proyecto optimizado, esto como guía para la elaboración del manual. Dicha grafica se presenta en el **Anexo 2.**

El desarrollo de un modelo 4D con diversas disciplinas parte de establecer la secuencia del flujo de trabajo mediante el cronograma de obra. Además, se deben establecer los requisitos de intercambio de información, según los procesos de colaboración de la empresa.

Una vez que se tiene un modelo 3D corregido y modificado por las disciplinas, se debe realizar la vinculación de los elementos 3D a las actividades con un cronograma ajustado. Seguidamente, se realiza la validación y revisión del modelo 4D por los profesionales de las distintas disciplinas, considerando la productividad y los tiempos de entrega, el cual se corrige para obtener un cronograma optimizado.

El manual se diseña considerando los aspectos básicos del programa, y con la descripción de la interfaz y los primeros pasos al iniciar un proyecto. En el seguimiento del proyecto se involucran los detalles y características de un modelo 3D dentro de Synchro Pro, su visualización y la vinculación de este con el cronograma.

Además, se crea un apartado para la sincronización de los proyectos, en caso de una modificación del modelo 3D o el cronograma fuera de Synchro. Por último, se detalla el proceso de revisión y exportación de la información del proyecto 4D.

Dentro de la vinculación del proyecto 3D con el cronograma se considera la creación de tareas, la asignación de los objetos a las tareas, el manejo de objetos y materiales dentro del modelo 3D.

El formato escrito del manual se encuentra de forma completa en el **Apéndice 4** de este documento. En él se detallan los procedimientos necesarios para un uso adecuado de la plataforma y la integración de rendimientos de mano de obra, así como la extracción del proyecto.

Las **Figuras 34 y 35**, mostradas a continuación, son parte del manual obtenido, mostrando en ellas la portada y el índice del manual, respectivamente.



Figura 35. Portada del Manual de Uso en Synchro Pro

Fuente: Manual de Uso en Synchro Pro

Table of Contents

Aspectos básicos	5
1. Interfaz.....	5
1.1. Descripción de la interfaz.....	5
1.2. Personalizar configuración de ventanas de trabajo.....	9
1.3. Diagrama de Gantt.....	10
1.4. Ventana 3D	13
2. Inicio de un proyecto	15
2.1. Opciones Generales de Synchro.....	15
2.2. Guardado automático	15
2.3. Fechas de un proyecto.....	17
2.4. Camino critico	18
2.5. Unidades de medida	19
Proyecto 3D	20
1. Importar datos y modelo	20
2.1. Importar archivos 3D	20
2.2. Uso de complementos con Revit	22
2.3. Importar modelos IFC	23
2. Perfiles de apariencia.....	24
2.1. Perfiles de apariencia personalizados.....	25
2.2. Perfiles de apariencia para equipos.....	28
3. Filtros 3D incorporados.....	30
3.1. 3D por selección.....	30
3.2. Filtro de objetos 3D.....	31
3.3. Filtro de tareas.....	33
3.4. Filtro de camino critico	34
4. Campos de usuario	35
4.1. Campos de usuario predeterminados.....	35
4.2. Crear campos de usuario	36

Figura 36. Índice Manual de Uso en Synchro Pro.

Fuente: Manual de Uso en Synchro Pro

Archivos exportados

En Synchro Pro, al vincular el cronograma con el modelo 3D, se puede exportar el proyecto como imágenes y puntos de vista, video, animación o un modelo en PDF 3D, así como se pueden exportar informes de cronograma, para un estudio o revisión posterior.

Para el proyecto de la Caseta de Vigilancia se exportan diversas imágenes proyecto, **Figuras 37 y 38**. Además, se exporta un informe de cronograma, el cual se añade en el **Apéndice 6** de este documento.

Como visualización dinámica del proyecto se obtuvo una animación y un modelo en formato 3D PDF. La animación se realiza de manera que se visualizara la secuencia del proyecto en formato de video. De esta animación se toman capturas de pantalla, las cuales se muestran en el **Apéndice 7**.

El modelo en formato PDF 3D se realiza para una fecha establecida del proyecto, en este caso se realiza para la entrega, es decir la finalización. El modelo PDF se añade en el **Apéndice 8**.

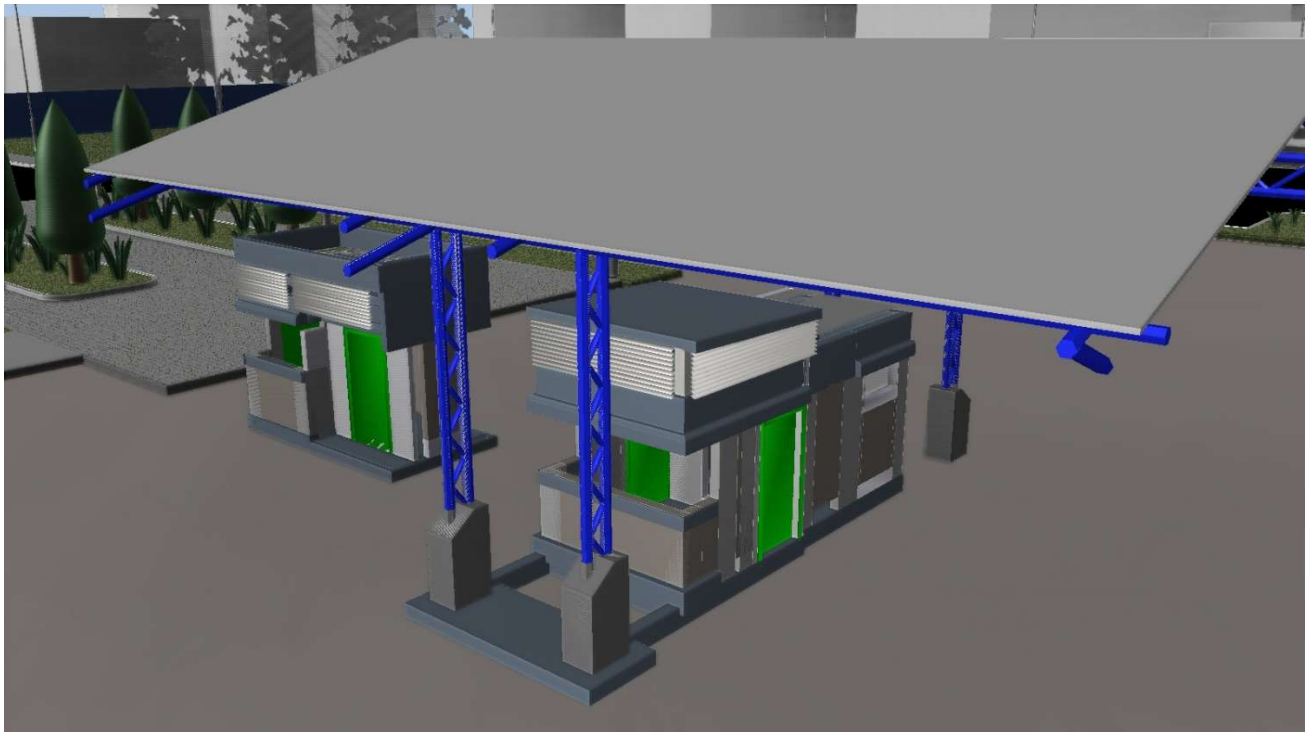


Figura 37. Punto de vista del modelo 3D de la Caseta de Vigilancia

Fuente: Manual de Uso en Synchro Pro

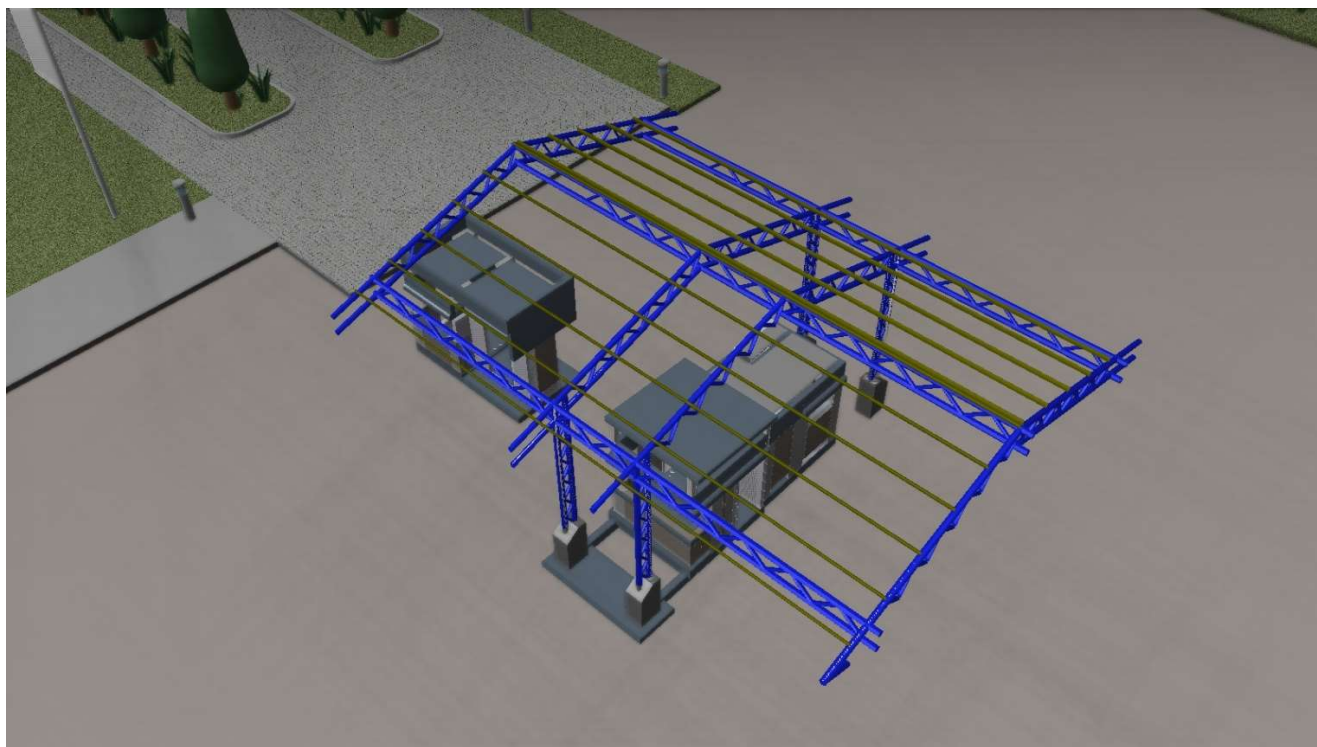


Figura 38. Imagen capturada de la vista 3D del del techo de la Caseta de Vigilancia.

Fuente: Manual de Uso en Synchro Pro

Análisis de resultados

Este capítulo se centra en el análisis de los datos obtenidos como resultado del proyecto realizado. El análisis de resultados está enfocado en los objetivos del proyecto.

Diagnóstico de la empresa.

En el diagnóstico realizado a la empresa Blue AEC Studio se obtuvieron diversos resultados; tras la revisión de estos se puede observar que la empresa mantiene sus actividades centradas en métodos BIM y en el uso de herramientas BIM para la prestación de los servicios de Consultoría. Esto último permite disponer de una mejora en los procesos, tanto de diseño como constructivos.

Dentro de los resultados obtenidos, se detallan tres productos que permitieron identificar la situación actual, el modelo de trabajo y los resultados obtenidos para la programación de obra, dentro de los cuáles se pudo estudiar el proceso de trabajo, así como a los colaboradores y su formación

Situación Actual

La empresa dentro de sus funciones involucra diversos procesos BIM, esto conociendo que dentro de sus principales funciones se encuentra el modelado de proyectos BIM y el soporte a diseñadores y contratistas. El soporte a la construcción se realiza mediante estudios de constructibilidad, la gestión de documentación y reportes de obra, donde se detallan las interferencias y los conflictos en obra, así como se resalta la coordinación entre las partes que componen un proyecto de construcción.

Dentro del estudio de la situación actual de la empresa se realizó un diagrama de flujo de las actividades de la empresa (**Figura 5**), el cual fue de gran utilidad para comprender el flujo de trabajo de la empresa Blue AEC Studio, conociendo la gran cantidad de servicios que presta, la variedad de estos y la interrelación entre las actividades.

El diagrama mencionado permite identificar los usos de BIM utilizados en la empresa, donde se entiende que esta presenta gran alcance en la metodología al tener una clara comprensión de los métodos para llevar a cabo un proyecto BIM. Al inicio de un proyecto se realizan reuniones con el cliente y los

coordinadores, para establecer un Plan de ejecución BIM donde se enlistan los roles, las responsabilidades de las partes y las plataformas y métodos de comunicación a utilizar.

Además de estudiar los procesos de la empresa, se estudian las actividades dentro de las fases de un proyecto de construcción, desde el anteproyecto a la entrega y post construcción, esto con detalles incluidos mediante un esquema de funciones en las etapas del ciclo constructivo de un proyecto BIM (**Figura 6**).

De modo que la metodología BIM se diseña para proyectos durante todo su ciclo de construcción: desde la idea hasta el fin de su vida, el esquema de funciones permite estructurar las actividades realizadas y conocer si la empresa se apega a la metodología.

En el inicio del proyecto BIM, Choclán F. (2017) establece que se debe realizar un acta de construcción que defina el alcance del proyecto, los objetivos y los protocolos BIM y las acciones que desarrolla la empresa Blue AEC Studio en el anteproyecto. Además, Choclán F. plantea que se deben establecer las responsabilidades de cada colaborador y la estrategia del proyecto, actividades que el coordinador BIM realiza por medio del BEP.

En el diseño de la obra se debe seleccionar el equipo, plantar los métodos de coordinación y de la gestión del diseño y de la información, así como las actividades que la empresa desarrolla en la pre-construcción.

De acuerdo con Choclán F., la construcción de la obra involucra la gestión de los riesgos, los cambios, las interferencias y de la documentación, en otras palabras, las

actividades que se realizan en la gestión de un proyecto por parte de la empresa. Tal y como se gestiona el modelado de planos 'As-Built' y del mantenimiento o rehabilitación para las etapas de post-construcción, esto ya que los proyectos BIM conllevan el estudio del proyecto hasta su demolición. Con el detalle de las actividades que realiza la empresa durante todo el ciclo de vida del proyecto, se puede establecer que cumplen con los criterios para un proyecto BIM.

Modelo trabajo

Dentro del diagnóstico de la empresa se decide estructurar el modelo de trabajo al detallar el organigrama de la empresa, las herramientas BIM utilizadas y la experiencia de los colaboradores de la empresa en estas. Como parte de dicho estudio se realiza una encuesta a los colaboradores de la empresa para conocer los roles de cada uno y con ello construir el organigrama (**Figura 7**), el cual muestra gráficamente la estructura de la empresa y la jerarquía de los miembros en cuanto a la coordinación de proyectos y la toma de decisiones. Tanto la entrevista, como la encuesta realizada, permiten establecer las funciones de los colaboradores al esclarecer las actividades en la que se centra cada uno según su rol.

Dentro de ello, se destaca el coordinador, el cual es una pieza clave en el desarrollo correcto de proyectos BIM, pues este se encarga del desarrollo del BEP y de la revisión de modelos. Asimismo, se estudian a los modeladores y los técnicos, los cuales se concentran en el modelado 3D de los proyectos

en las diversas disciplinas, lo cual es el pilar fundamental en un proyecto BIM.

En el modelo de trabajo se presta especial atención a los programas computacionales utilizados por la empresa para el modelado y la coordinación de proyectos. En estos se presenta el gran uso que se le da a programas de Autodesk como Revit y Navisworks, lo cuales se centran en el modelado y revisión de interferencias.

En esta sección se estudia que el programa Navisworks presenta la opción de realizar simulaciones 4D; no obstante, la empresa opta por estudiar el Synchro Pro para dicha función, a pesar de ser un programa de otra casa, lo cual puede causar inconvenientes en el procesamiento de información.

Además de las herramientas de modelado, se presentan diversas plataformas centradas en la colaboración y comunicación entre las partes, con programas como BIM 360, BIM Collab Zoom, A360, BIMtrack, los cuales son muy similares entre sí por su capacidad de conectar los equipos y centrar la información para ser compartida. En un principio se dice que se podría especializar en una sola plataforma; sin embargo, se sabe que el uso de las plataformas las determina el cliente, teniendo en cuenta el costo de uso de cada plataforma o la experiencia de las partes en cada plataforma.

Dentro de los programas utilizados por la empresa, se consulta sobre los softwares utilizados para llevar el control de costos o la programación, en lo cual se indica que actualmente no se usa ninguno, ya que dichas actividades son responsabilidad de la empresa

contratista. Con ello se presenta el gran uso que puede obtener la empresa de instalar en sus funciones el uso de una herramienta como Synchro Pro, que permita brindar el servicio de programación de obra mediante la simulación de un proyecto 4D.

Requerimientos de la empresa.

En los proyectos de construcción intervienen diferentes elementos y recursos para su desarrollo, por lo que es de suma importancia llevar el control de estos mediante una programación de obra. Dentro de los recursos se tienen los humanos, el equipo y los materiales.

La empresa Blue AEC Studio actualmente cuantifica los recursos materiales en el software Revit. Debido a ello, es necesaria la instalación de algún software que permita cuantificar recursos humanos y los equipos mediante rendimientos de mano de obra.

Los rendimientos de mano de obra permiten cuantificar la duración de las actividades de un modo más preciso al cuantificar la cantidad de horas trabajadas por unidad de medida, lo que puede construir un cronograma de obra acertado con dichos valores.

De este modo, la empresa brinda servicios de consultoría a empresas encargadas de la ejecución de los proyectos, como contratistas o constructoras, se deben incluir en el cronograma los rendimientos correspondientes a la tasa de trabajo de mano de obra cuantificados por la empresa, según la cuadrilla actual o la maquinaria utilizada, esto al tomar en cuenta que entre las cuadrillas de trabajo varía la productividad.

Problemas en el uso y aplicación de un cronograma tradicional

Tradicionalmente, en construcción se realiza la programación de obra con el uso de programas como MS Project, el cual resulta insuficiente en proyectos complejos. Por lo cual se propone el uso de Synchro Pro con el fin de facilitar el control de obra y la planificación al desarrollar proyectos 4D que comprenden la simulación del plano durante su ejecución. Por lo que, dentro del estudio del cronograma y los problemas que puede conllevar el uso de Project en un proyecto, se decide realizar un cuadro comparativo entre los programas MS Project y Synchro Pro, como se muestra en el **Cuadro 1**.

En el programa MS Project se puede construir un cronograma de obra con su diagrama de Gantt al describir las actividades con una duración definida, y con el costo y los recursos de equipos y humanos necesarios para su desarrollo.

Synchro Pro, además de permitir lo ya mencionado en el párrafo anterior, permite estudiar los recursos materiales y el espacio en obra para realizar la logística del sitio. Asimismo, en tanto que se vincula el modelo 3D con el cronograma se crea una representación visual del proyecto durante su construcción, lo cual permite identificar conflictos y analizar las alternativas de construcción por medio de la optimización del proceso constructivo.

Análisis de los involucrados

En el análisis de los involucrados en los proyectos que maneja la empresa se pudo la examinar la colaboración entre las partes, de diseño y construcción como la relación entre las disciplinas, arquitectónica, estructural, electromecánica, así como se observó la integración de fabricantes y subcontratistas en el proceso BIM.

Colaboración y comunicación entre profesionales.

Blue AEC Studio, como empresa de consultoría, trabajaba según los requerimientos del cliente, sea este diseñador o constructor; es importante considerar que, según el proyecto, pueden trabajar durante todo el ciclo de vida de este o en solo una fase del proyecto.

En proyectos donde se trabaja desde el inicio o desde el anteproyecto, el coordinador está encargado de crear un Plan de Ejecución BIM o BEP (BIM Execution Plan) donde se establecen las responsabilidades de las partes y de los equipos de trabajo, asimismo, se establecen las plataformas que se deben utilizar para la comunicación entre las partes, de modo que exista una colaboración entre ellos.

En esta sección es importante destacar que el uso del software Synchro Pro debe detallarse en el BEP de modo que su uso sea regulado y estandarizado. Con ello, se debe establecer a las personas a cargo del modelado en la herramienta y las responsabilidades de cada uno.

En conjunto con las plataformas de comunicación, la empresa estimula la colaboración entre las partes, lo que permite a los modeladores que tengan contacto con ingenieros, constructores, arquitectos, dibujantes, entre otras ocupaciones. Esto muestra una clara comprensión de los procesos BIM por parte de la empresa.

Formación de profesionales

En su mayoría, los colaboradores de la empresa iniciaron su proceso de formación en herramientas BIM en el colegio, y al ingresar a la empresa continuaron con su aprendizaje, así como han aprendido sobre herramientas o procesos BIM de manera autodidacta, en la universidad o en cursos abiertos.

El proceso de aprendizaje de los colaboradores continúa, ya que la metodología BIM es extensa, además, existe gran cantidad de programas en el mercado. Con esto, se puede establecer que los colaboradores de la empresa estarán abiertos a aprender un nuevo software, Synchro Pro en este caso, así como se dice que la curva de aprendizaje para este programa será elevada, con lo cual se disminuirá el tiempo de instrucción.

Conociendo el modelo de trabajo de Blue AEC Studio, las herramientas utilizadas por los

colaboradores, y la relación entre la construcción y los profesionales encargados de esta, se puede observar cómo la empresa conoce con precisión los criterios para llevar un proceso BIM, de manera que el uso de BIM solo represente ventajas para la obra.

Integración subcontratistas y proveedores

Según el proyecto, los requerimientos del cliente y las funciones de Blue AEC Studio, se debe tener comunicación con los proveedores, fabricantes o subcontratistas, esto para llevar el proyecto por completo bajo la metodología.

En caso de que dichas partes cuenten con experiencia en la metodología o estén dispuesto a aprender sobre el uso de herramientas BIM y sus procesos, se les brinda acceso a las plataformas de colaboración. Estas plataformas permiten añadir información o registro de la obra, así como puede extraer los datos del proyecto, como especificaciones y planos, que estén dentro sus funciones.

En el Plan de Ejecución BIM se plantea el acceso que tendrán las partes a la plataforma, detallando el permiso de acceso de los proveedores, fabricantes o subcontratistas a esta y sus responsabilidades dentro de ella. De este modo, se dará un uso adecuado de los documentos compartido sin que el hecho de compartir la información del proyecto con partes externas represente un riesgo a la seguridad y a la confidencialidad del proyecto o el cliente.

Análisis IPD

La metodología IPD (modelo de dirección integrada) no se aplica para la empresa, debido a que los contratos colaborativos se desarrollan como un acuerdo entre los diseñadores y los constructores. Sin embargo, se plantea una propuesta para la implantación del método. En esta propuesta se proponen acciones para Blue AEC Studio que pueden asistir a la confirmación de un contrato colaborativo (**Cuadro 3**). La propuesta se propone como recomendación por parte de la Blue a AEC Studio hacia a los clientes de manera que se impulse la colaboración y la confianza entre las partes.

En el contrato establecido se deben citar las partes involucradas, los equipos de trabajo, así como los roles y las responsabilidades de cada uno. Las partes incluyen tanto propietarios, administradores, arquitectos, ingenieros, constructores y contratistas, como subcontratistas, fabricantes y proveedores. Dentro de ello, se debe buscar incluir compañías de servicios públicos, aseguradoras y demás.

Recursos propios para la vinculación.

En el detalle de recursos del proyecto para la vinculación en Synchro, se obtienen diversos resultados con respecto a la programación de obra al contar con el cronograma de actividades con su respectivo diagrama de Gantt. con esto, se establecen los recursos necesarios para su construcción y su costo, lo que detalla los recursos humanos y los equipos. Además, se establece el proceso para incluir los recursos del cronograma en Synchro Pro, tomando en cuenta el proceso de importación desde MS Project.

Asignación de recursos en la planeación de obra

En el software Project se establecen los recursos humanos, los equipos y ciertos materiales de importancia, cada uno con su respectivo costo. Sin embargo, esto resulta complicado y lento al agregar todos los materiales necesarios para la construcción del proyecto; en cambio, en Synchro vincular los recursos materiales para la construcción es la base del modelado 4D, por lo que se maneja de manera sencilla. Así como en Project, Synchro permite añadir equipos con la ventaja de que el programa por defecto posee diversos objetos 3D correspondientes a equipos: esto no se presenta para los recursos humanos, teniendo en cuenta que el programa permite añadir los recursos por nombre, aunque no contiene objetos 3D.

La planeación de obra se realiza a modo de prueba, por lo que no es detallada. El listado

de los recursos de mano de obra se detalla tomando en cuenta el tamaño de la cuadrilla y los rendimientos, de acuerdo con Randall Calvo (2007) en la medición de rendimientos de mano de obra para la empresa constructora MAVACON.

Debido a que los valores expuestos por Randall Calvo no comprenden la totalidad de actividades de un proyecto, sino que corresponden a actividades como cimientos, paredes, vigas, columnas, entre otros, se decide contar con los valores de rendimiento de horas hombre publicados por el CFIA. No obstante, los valores del CFIA y Randall Calvo (2007) son utilizados de manera teórica; esto se menciona porque, al considerar el desarrollo de un proyecto real, se deben utilizar los valores de rendimiento de la empresa constructora a cargo.

Otro punto por considerar con respecto a los recursos en Synchro, son los costos asignados. Los recursos pueden llevar un costo según su salario o costo por unidad de medida o de tiempo; sin embargo, los costos por recursos no se suman automáticamente a los costos de la actividad a la cual están asignados.

Perfiles de recursos 3D

Los perfiles de apariencia permiten visualizar la acción de cada elemento durante su ciclo constructivo, de acuerdo con las acciones que provee el programa (**Figura 8**). Asimismo, con la asignación de tiempo y crecimiento se puede diseñar una visualización que simule el proceso constructivo de una manera más acertada. Para mejorar la visualización de los elementos en este proyecto, se designa una tabla

(Cuadro 6) de perfiles según el elemento por construir, esto a modo de ejemplo. El programa delimita a todos los elementos por instalar en color verde, por lo que se recomienda que por elemento se designe un tono diferente, lo cual permite que a la hora de revisar el proyecto se puede observar con mayor facilidad la fase del proyecto.

Vinculación del cronograma y el modelo 3D

En la vinculación de objetos 3D a tareas se deben asignar los recursos de mano de obra y equipo, con su respectivo rendimiento, los elementos 3D por construir y el perfil de apariencia. Los rendimientos se asignan por medio de reglas de tareas, estableciendo la tarea, la tasa de trabajo y la unidad por hora. Este proceso resulta lento en Synchro Pro, mas no presenta dificultad alguna.

Manual de uso de modelado BIM 4D.

En el proceso de desarrollo del manual para el proceso de modelado y simulación de un proyecto BIM en la dimensión 4D se obtuvieron diversos resultados, considerando la vinculación del programa Revit con Synchro Pro, el producto final (que consiste en el manual de uso) y una serie de archivos exportados de Synchro. Después de la revisión de estos se puede observar que el manual cumple con los criterios para crear un proyecto 4D.

Con los métodos BIM de la empresa se puede disponer de una mejora en los procesos y un servicio completo a las empresas, considerando que el proceso BIM 4D conlleva una serie de ventajas a los proyectos de construcción, permitiendo una fecha de entrega certera y disminuyendo los plazos de trabajo y el costo final del proyecto.

Manual de uso de Synchro Pro

El manual desarrollado toma como base el proceso de modelado 4D, presentando en la gráfica provista por Johnny Mora, mánager de Blue AEC Studio, presentada en el Anexo 2. Este diagrama contempla el seguimiento del proceso de modelado 4D, incluyendo las disciplinas involucradas en el proyecto, la creación del modelo 3D y el cronograma, así como la vinculación de ambos y la revisión final del proyecto. El diagrama permite definir los capítulos del manual de modo que se represente un proceso lógico e intuitivo.

Como información de referencia la gráfica, se plantean los tiempos de entrega y la información de productividad, este último en relación con el uso de las tasas de rendimiento. De esta forma, los mismos datos son obtenidos de los trabajos desarrollados en la obra, donde se mide el trabajo (no) productivo de cada trabajador por actividad, razón por la que es estrictamente necesario el uso de las tasas de rendimiento por empresa.

A nivel de empresa el manual representa un método de aprendizaje con un seguimiento sencillo y de fácil acceso en caso de dudas en el proceso de modelado; sin embargo, en la época moderna, donde los cursos online son utilizados en muchas instituciones educativas, y con conocimiento de que la empresa utiliza tutoriales para el aprendizaje de los colaboradores, es necesario contar con un video tipo tutorial como manual de uso de la herramienta.

El manual resultante se considera un producto completo, dado que cubren todas las acciones necesarias para crear un proyecto en Synchro, ya que parte desde una descripción de la interfaz y el inicio de un proyecto, pasando por la vinculación del proyecto, y llegando hasta la finalización del proyecto, con la revisión del proyecto y los métodos de exportación.

Archivos exportados

Los archivos exportados de Synchro pro permiten visualizar, revisar, y con ello, optimizar el proceso constructivo del proyecto de modo que, mediante las animaciones, se puede visualizar y ajustar el cronograma de obra, de modo que se reduzca el plazo de construcción, lo que optimiza el proceso y minimiza las holguras. Además, permite visualizar el uso del espacio del proyecto, la maquinaria entrante y las obras temporales.

Las imágenes, puntos de vista y animaciones que están agregadas, de modo que el modelo está vinculado al cronograma, permiten observar el estado del proyecto en cierta fecha, lo que admite un planear con mayor certeza del proceso constructivo, la proveeduría y los tiempos de entrega. Asimismo, se puede acelerar el trabajo o ajustar el cronograma en caso de atrasos de una manera más acertada.

El reporte de cronograma también permite revisar el cronograma de modo que se disminuya el tiempo de trabajo: este informe detalla la lógica de las tareas, sus holguras y demás criterios que permite ajustar el cronograma hasta optimizarlo.

Conclusiones

- BIM como metodología de trabajo proporciona grandes ventajas para el sector de la construcción, de modo que mediante un proyecto 4D se logran analizar interferencias entre sistemas (como el choque entre la instalación de sistemas mecánicos y eléctricos) o de localización y espacio (como el choque entre maquinaria y obras temporales) previo a la construcción al visualizar la secuencia constructiva mediante el modelo 3D, lo cual disminuye la probabilidad de presentar retrasos o sobrecostos en el proyecto.
- El uso de la metodología BIM conlleva una serie de ventajas para el campo de la construcción, sin embargo, si no se utiliza de manera correcta puede concluir en desventajas o sobre costos en proyectos.
- La metodología BIM con las dimensiones 4D y 5D, mediante la integración del cronograma y los costos, permite obtener mayor control y precisión en los procesos de construcción, de modo que se puede obtener con mayor certeza la duración de las tareas y el plazo del proyecto.

- La empresa Blue AEC Studio conoce de manera certera el desarrollo de un proceso BIM, de modo que ajusta sus actividades a todo el ciclo de vida de un proyecto según el cliente y sus necesidades, lo cual facilita la integración de un software BIM como Synchro Pro.
- La implementación de Synchro Pro en la empresa resulta beneficiosa para la empresa Blue AEC Studio, de modo que puede abrir una serie de servicios en coordinación y gestión BIM para los clientes, esto sabiendo que actualmente la empresa esta no se encarga de la programación de obra de los proyectos.
- Synchro Pro soluciona los inconvenientes presentados en la programación de obra tradicional en Project, de modo que permite estudiar con mayor precisión proyectos de gran tamaño, permite una revisión continua con ayuda de un modelo 3D y permite resolver incongruencias en la programación e interferencias de localización.

- La empresa Blue AEC Studio involucra en el proceso BIM la colaboración y la comunicación entre los profesionales mediante diversas plataformas, según la preferencia y experiencia del cliente y de los demás profesionales, sabiendo que la colaboración y la comunicación son un pilar para los proyectos BIM.
- Los colaboradores de la empresa poseen experiencia en procesos BIM, con el uso de diversas herramientas de la metodología y en modelado 3D, mas no en lo que respecta a modelado 4D. Aun así, se observa que al poseer gran experiencia en el uso de softwares BIM la curva de aprendizaje de los colaboradores para aprender a utilizar Synchro Pro será rápida.
- La integración de subcontratistas y proveedores en el proceso BIM se determina según la experiencia de cada uno y las herramientas de colaboración utilizadas, lo cual dictará el uso de los softwares BIM en la empresa y por los profesionales involucrados en el proyecto.
- El modelo de entrega integrada IPD permite asegurar un proceso BIM colaborativo bajo contrato firmado por las partes involucradas.
- Un limitante en el proceso de aprendizaje es la poca información sobre el software en páginas web, de modo que para aprender sobre el programa se deben comprar cursos en línea que resultan costosos.
- Los perfiles de apariencia permiten reconocer con mayor facilidad el elemento por construir, lo cual facilita la visualización del proyecto permitiendo ubicar interferencias con mayor facilidad.
- La vinculación de las tareas y los elementos 3D en el software es muy intuitiva por lo que facilita el proceso de modelado 4D.
- La asignación de costos en Synchro no es conveniente, sabiendo que hay que asignar el costo de tarea de manera independiente al costo de cada recurso asignado a esta, lo cual dificulta la lectura de los datos y la exportación de la documentación.
- El manual presentado cuenta con los temas necesarios para desarrollar un proyecto 4D en Synchro Pro que involucre rendimientos de trabajo, esto en comparación con las fuentes consultadas, como el Tutorial Synchro y videos tutoriales.
- La creación de animación, reportes, imágenes y demás permite un seguimiento de obra certero, conociendo que se puede prevenir errores en la secuencia constructiva y se puede visualizar el proceso en el sitio de construcción.
- La exportación de archivos permite incluir en los proyectos BIM a involucrados que no poseen experiencia con herramientas BIM.
- Los archivos exportados permiten la revisión del proyecto en un computador, tableta o teléfono inteligente desde diferentes localidades, lo cual facilita la revisión de un proyecto para los profesionales encargados, subcontratistas y demás involucrados.

Recomendaciones

- Antes de implementar la metodología BIM o alguna herramienta BIM en la empresa se deben plantear las ventajas que conllevara su uso e instruir a los trabajadores, de modo que se puedan aprovechar en gran medida sus ventajas.
- En el Plan de Ejecución BIM se debe especificar el uso del software Synchro Pro y sus responsables, esto para dar un seguimiento de obra preciso.
- La metodología IPD debe utilizarse como una recomendación de Blue AEC Studio hacia sus clientes, de modo que respete la colaboración entre profesionales y se realice un contrato entre las partes de modo que se asegure un proceso BIM colaborativo.
- Las empresas que desean utilizar Synchro Pro deben capacitar a sus miembros para disminuir la curva de aprendizaje y estandarizar el proceso de modelado.
- Los rendimientos que miden la tasa de trabajo de la mano de obra y el equipo deben ajustarse a la cuadrilla de trabajo de cada empresa constructora para obtener un cronograma acertado, ya que los utilizados para este proyecto son valores irreales que no se ajustan a proyectos actuales.
- La importación del cronograma desde Project y el modelo 3D desde Revit es un proceso sencillo, mas se debe definir claramente el tipo de recurso por importar para evitar inconvenientes en el proceso de modelado.
- El uso de los campos de usuario en Revit y su importación a Synchro Pro debe respetar las indicaciones para evitar errores en la medición del modelo 3D.
- De modo que la asignación de costos en Synchro Pro no es conveniente se deben incluir los costos con mayor atención para evitar errores.
- Antes de empezar un proyecto en Synchro se debe estudiar de manera primordial los primeros tres capítulos del manual, o su equivalente en video, de modo que se tenga presente como iniciar un proyecto correctamente.
- Se recomienda el uso de los archivos de exportación para empresas que no utilizan la metodología BIM o su experiencia en ella es poca. Así mismo, se recomiendan como método de presentación a los involucrados y al cliente, para la revisión y evaluación de los avances realizados en construcción.

Apéndices

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

- Apéndice 1. Respuestas al formulario aplicado a los trabajadores de Blue AEC Studio.
- Apéndice 2. Transcripción de la entrevista aplicada a Juan Carlos Calderón y Cesar Jiménez con respecto al modelo de trabajo de la empresa.
- Apéndice 3. Cronograma completo de la Caseta de acceso principal en MS Project.
- Apéndice 4. Manual de uso de la herramienta Synchro.
- Apéndice 5. Cronograma completo de la Caseta de acceso principal en Synchro.
- Apéndice 6. Capturas de pantalla de la animación de la secuencia constructiva de la Caseta de acceso principal en MS Project.
- Apéndice 7. Informe de cronograma de la Caseta de acceso principal en Synchro.
- Apéndice 8. Modelo en formato 3D PDF de la Caseta de acceso principal.

Apéndice 1.

Respuestas del formulario

Encuesta #1: Cesar Jiménez

¿Cuál es su puesto dentro de la empresa Blue AEC Studio? *

BIM Coordinator

¿Cuáles son sus funciones dentro de la empresa? (Mencione al menos 3 de ellas): *

1) Modelar información ARQ, STR y MEP 2) Coordinar proyectos multidisciplinarios 3) Administración y presentación de información de acuerdo a las distintas revisiones de modelo

¿Durante cuánto tiempo ha trabajado para la empresa? *

- ☐ De 0 a 1 año
- ☒ De 1 años a 3 años
- ☐ De 3 a 5 años
- ☐ Más de 5 años

¿Utiliza programas de software BIM en la empresa? (Revit, Naviswork...) *

- ☒ Sí
- ☐ No

¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

- ☒ Revit Architecture
- ☒ Revit Structure
- ☒ Revit Electrical
- ☒ Revit Mechanical
- ☒ Naviswork
- ☒ BIM 360
- ☒ BIM Collab Zoom
- ☒ A360
- ☒ Otro: Dynamo

¿Utiliza programas de software para el control de costos y de programación en la empresa?
(Project, Primavera...) *

- ☐ Sí
- ☒ No

¿Cuáles programas de software para el control de costos y de programación utiliza?

- ☐ Project
- ☐ Excel
- ☐ Primavera
- ☐ Otro: _____

¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM? *

- ☒ Colegio
- ☐ Universidad
- ☐ Cursos abiertos
- ☒ Autodidacta
- ☒ Trabajo
- ☐ Otro: _____

¿El proceso de aprendizaje ya concluyó o continua?

- ☐ Finalizó
- ☒ Continua

¿Cuanto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje? *

- ☐ De 0 a 3 meses
- ☒ De 3 a 6 meses
- ☐ De 6 meses a 1 año
- ☐ Más de 1 año

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos? *

- ☐ Sí, siempre
- ☒ Si, en ocasiones
- ☐ No

¿Qué puesto o funciones tiene el personal con quien estuvo en contacto?

Ingenieros, Arquitectos, Dibujantes

Encuesta #2: Hellen Benavides

¿Cuál es su puesto dentro de la empresa Blue AEC Studio? *

BIM Technician

¿Cuáles son sus funciones dentro de la empresa? (Mencione al menos 3 de ellas): *

Modeladora en Revit

¿Durante cuánto tiempo ha trabajado para la empresa? *

- ☒ De 0 a 1 año
- ☐ De 1 años a 3 años
- ☐ De 3 a 5 años
- ☐ Más de 5 años

¿Utiliza programas de software BIM en la empresa? (Revit, Naviswork...) *

- ☒ Sí
- ☐ No

¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

- ☒ Revit Architecture
- ☒ Revit Structure
- ☒ Revit Electrical
- ☒ Revit Mechanical
- ☐ Naviswork
- ☒ BIM 360
- ☐ BIM Collab Zoom
- ☐ A360
- ☐ Otro: _____

¿Utiliza programas de software para el control de costos y de programación en la empresa?
(Project, Primavera...) *

☐ Sí

☒ No

¿Cuáles programas de software para el control de costos y de programación utiliza?

☐ Project

☐ Excel

☐ Primavera

☐ Otro: _____

¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM? *

☐ Colegio

☐ Universidad

☐ Cursos abiertos

☐ Autodidacta

☒ Trabajo

☐ Otro: _____

¿El proceso de aprendizaje ya concluyó o continua?

☒ Finalizó

☐ Continúa

¿Cuanto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje? *

☐ De 0 a 3 meses

☒ De 3 a 6 meses

☐ De 6 meses a 1 año

☐ Más de 1 año

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos? *

- ☐ Sí, siempre
- ☒ Sí, en ocasiones
- ☐ No

¿Qué puesto o funciones tiene el personal con quien estuvo en contacto?

Ingeniero

Encuesta #3: Jose Gabriel Vargas

¿Cuál es su puesto dentro de la empresa Blue AEC Studio? *

BIM Technician

¿Cuáles son sus funciones dentro de la empresa? (Mencione al menos 3 de ellas): *

Modelar información pre-construcción (arquitectónica, estructural, MEP)

¿Durante cuánto tiempo ha trabajado para la empresa? *

- ☒ De 0 a 1 año
- ☐ De 1 años a 3 años
- ☐ De 3 a 5 años
- ☐ Más de 5 años

¿Utiliza programas de software BIM en la empresa? (Revit, Naviswork...) *

- ☒ Sí
- ☐ No

¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

- ☒ Revit Architecture
- ☒ Revit Structure
- ☒ Revit Electrical
- ☒ Revit Mechanical
- ☐ Naviswork
- ☒ BIM 360
- ☐ BIM Collab Zoom
- ☐ A360
- ☐ Otro: _____

¿Utiliza programas de software para el control de costos y de programación en la empresa?
(Project, Primavera...) *

☐ Sí

☒ No

¿Cuáles programas de software para el control de costos y de programación utiliza?

☐ Project

☐ Excel

☐ Primavera

☐ Otro: _____

¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM? *

☒ Colegio

☐ Universidad

☐ Cursos abiertos

☐ Autodidacta

☒ Trabajo

☐ Otro: _____

¿El proceso de aprendizaje ya concluyó o continua?

☒ Finalizó

☐ Continúa

¿Cuanto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje? *

☐ De 0 a 3 meses

☒ De 3 a 6 meses

☐ De 6 meses a 1 año

☐ Más de 1 año

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos? *

- ☐ Sí, siempre
- ☐ Si, en ocasiones
- ☒ No

¿Qué puesto o funciones tiene el personal con quien estuvo en contacto?

.....

Encuesta #4: Alejandro Saenz

¿Cuál es su puesto dentro de la empresa Blue AEC Studio? *

Tecnico BIM

¿Cuáles son sus funciones dentro de la empresa? (Mencione al menos 3 de ellas): *

1-Reuniones de Coordinación BIM.
2-Revisión de Modelos e interferencias.
3-Coordinación de flujos de trabajo en proyectos-oficina.

¿Durante cuánto tiempo ha trabajado para la empresa? *

- ☒ De 0 a 1 año
☐ De 1 años a 3 años
☐ De 3 a 5 años
☐ Más de 5 años

¿Utiliza programas de software BIM en la empresa? (Revit, Naviswork...) *

- ☒ Sí
☐ No

¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

- ☒ Revit Architecture
☒ Revit Structure
☒ Revit Electrical
☒ Revit Mechanical
☒ Naviswork
☒ BIM 360
☐ BIM Collab Zoom
☒ A360
☒ Otro: Bimtrack

¿Utiliza programas de software para el control de costos y de programación en la empresa?
(Project, Primavera...) *

- ☐ Sí
- ☒ No

¿Cuáles programas de software para el control de costos y de programación utiliza?

- ☐ Project
- ☐ Excel
- ☐ Primavera
- ☐ Otro:

¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM? *

- ☐ Colegio
- ☐ Universidad
- ☒ Cursos abiertos
- ☐ Autodidacta
- ☒ Trabajo
- ☐ Otro:

¿El proceso de aprendizaje ya concluyó o continua?

- ☐ Finalizó
- ☒ Continúa

¿Cuanto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje? *

- ☒ De 0 a 3 meses
- ☐ De 3 a 6 meses
- ☐ De 6 meses a 1 año
- ☐ Más de 1 año

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos? *

- ☒ Sí, siempre
- ☐ Si, en ocasiones
- ☐ No

¿Qué puesto o funciones tiene el personal con quien estuvo en contacto?

Ingenieros, Arquitectos, Capataces

Encuesta #5: Felipe Savedra

¿Cuál es su puesto dentro de la empresa Blue AEC Studio? *

BIM MODELER

¿Cuáles son sus funciones dentro de la empresa? (Mencione al menos 3 de ellas): *

Revisión de modelos, Revisión de interferencias, Modelo BIM

¿Durante cuánto tiempo ha trabajado para la empresa? *

- ☒ De 0 a 1 año
- ☐ De 1 años a 3 años
- ☐ De 3 a 5 años
- ☐ Más de 5 años

¿Utiliza programas de software BIM en la empresa? (Revit, Naviswork...) *

- ☒ Sí
- ☐ No

¿Cuáles programas de software BIM utiliza?

- ☒ Revit Architecture
- ☒ Revit Structure
- ☒ Revit Electrical
- ☒ Revit Mechanical
- ☒ Naviswork
- ☐ BIM 360
- ☐ BIM Collab Zoom
- ☐ A360
- ☒ Otro: Bimtrack

¿Utiliza programas de software para el control de costos y de programación en la empresa?
(Project, Primavera...) *

- ☐ Sí
- ☒ No

¿Cuáles programas de software para el control de costos y de programación utiliza?

- ☒ Project
- ☒ Excel
- ☐ Primavera
- ☐ Otro:

¿Cuál fue el proceso de aprendizaje de los programas de software BIM? *

- ☒ Colegio
- ☒ Universidad
- ☐ Cursos abiertos
- ☒ Autodidacta
- ☒ Trabajo
- ☐ Otro:

¿El proceso de aprendizaje ya concluyó o continua?

- ☐ Finalizó
- ☒ Continúa

¿Cuanto tiempo duro, o ha durado, el proceso de aprendizaje? *

- ☐ De 0 a 3 meses
- ☐ De 3 a 6 meses
- ☐ De 6 meses a 1 año
- ☒ Más de 1 año

¿Tiene contacto con personal de empresas constructoras durante el desarrollo de los proyectos? *

- ☒ Sí, siempre
- ☐ Si, en ocasiones
- ☐ No

¿Qué puesto o funciones tiene el personal con quien estuvo en contacto?

Constructores, inspectores, dibujantes, arquitectos, entre tras

Apéndice 2.

Transcripción de la entrevista

Fecha: 26 de febrero, 2020

Entrevistado 1: Juan Carlos Calderón

Puesto en la empresa: Manager

Entrevistado 2: Cesar Jiménez

Puesto en la empresa: Coordinador BIM

Alison Patterson (entrevistadora): Usted (Cesar Jiménez) ya me había dicho en la encuesta que era Coordinador BIM. ¿Cómo define sus funciones? o en sí el rol ¿Como lo define? y ¿Que está entre las funciones del coordinador BIM?

Cesar Jiménez: Es el que tiene que ver con todas las disciplinas para coordinar un proyecto, para buscar las interferencias y mostrar puntos en reunión

Juan Carlos Calderón: Un Coordinador BIM es el encargado de realizar o fiscalizar toda la información que tienen los modelos, depende mucho de la etapa en que agarre el proyecto, si es una etapa de diseño. "Setear" (preparar) todo el plan de trabajo, decir cómo se va a trabajar, si se va a trabajar en la nube, si no, cuál va a ser la versión de modelos que se va a trabajar, cual es el software que se va a utilizar, tanto para modelar, para integrar y para darle seguimiento a los puntos.

Este es el encargado de generar el reporte, que dice César, de interferencias. Debe tener un criterio, tiene que conocer bien la estrategia de cómo plantear el reporte para saber a quién le dirige los puntos, saber si algunos son diseño, si algunos son para ejecutar, ya ahí me pase a la parte constructiva.

Alison Patterson: Y usted (Juan Carlos Calderón) en la empresa ¿Qué puesto o qué rol dentro del plan de trabajo llevan la empresa?

Juan Carlos Calderón: Bueno, yo estoy en Blue en partes iguales con Johnny, donde yo me encargo en una mayor parte de lo que es la coordinación de proyectos, bueno los muchachos lo llevan. La mayoría de los proyectos lo llevan ellos, pero siempre yo me meto en las reuniones, casi siempre de coordinación y en la parte de planificar como es que vamos a llevar el proyecto. Ya después de esa primera fase usualmente César, Alejandro o Felipe, incluso Hellen ya agarran el proyecto y lo llevan en una dirección. Pero sobre todo es darle la cara al cliente y estructurar los proyectos para poder cotizarlos.

Alison Patterson: Ya en eso, en planificación de actividades ¿la realizaría usted o ya ellos podrían hacerlo solos?

Juan Carlos Calderón: Depende, ya depende del flujo de trabajo, si tenemos un flujo bajo ellos planifican sus tareas y las vamos revisando durante la semana. Nos ha pasado que a veces estamos muy tallados, igual ellos planifican, pero hacemos una reunión semanal donde vemos a ver quién se puede pasar o como administramos nuestras horas.

César ahorita, por ejemplo, está llevando un proyecto completo de Casa Bianca, yo en Casa Bianca casi no me meto y me meto un poco como otros proyectos que estamos llevando, pero estamos en un período digamos bajo. Si nos ha tocado en algunos que nos tenemos que sentar y hacer un cronograma bien detallado hasta 3 semanas para poder salir con todos los temas.

Alison Patterson: ¿Cómo qué actividades de trabajo ven primordiales en la empresa? Ya sea de modelado o de revisión interferencias.

Juan Carlos Calderón: Yo le podría decir que modelado electromecánico, ya el que no modele electromecánico en estos días se queda muy amarrado a un sector, que es arquitectura, y estructural. La parte de modelado de sistemas, y bueno, César puede hablarle de todos los softwares de integración y coordinación qué son esenciales, si usted no sabe cómo trabajar de manera colaborativa yo creo que por ahí no va bien.

Cesar Jiménez: Lo que es actividad, yo diría que la comunicación con el cliente. O sea, porque sin la comunicación con el cliente no podemos empezar el resto del procedimiento, ya después de ese de ese primer acercamiento es como es como vemos que vamos a utilizar y cómo proceder en algunos casos.

Alison Patterson: En programación, había preguntado y casi no utilizan programas. En si ustedes (como empresa) no se encargan de la programación de la construcción, ¿esto sería por parte de la constructora?

Juan Carlos Calderón: La programación de obra la define la constructora, la parte en la que nosotros podríamos entrar es en la parte de un 5D, que es donde tendríamos modelos con cronograma, sin embargo, eso todavía no se usa mucho, al menos en Costa Rica solo hay un par de constructora que ya estan más empapadas de eso. En lo que nosotros más nos metemos es entrar a cronograma y ver cuales hitos de la construcción son importantes de coordinar y con base en eso, nosotros coordinamos las fechas en las que se tiene que empezar a coordinar ciertos temas.

Alison Patterson: En esa parte tenía la duda, porque si uno investiga la parte de Synchro hay muchas características parecidas a lo que tiene Navisworks, entonces ¿porque no usar Navisworks y si usar Synchro?

Cesar Jiménez: Son Softwares, o sea los dos sirven igual, Navisworks es como muy global, entonces Navisworks abarca muchos puntos, Synchro es solo para seguimiento de obra, como por facilidad de uso, es más fácil aprender Synchro que programar en Navisworks, pero Navisworks funciona.

Alison Patterson: Ya en el ciclo de vida de la construcción, ¿Cómo en que punto intervienen ustedes (como empresa) en un proyecto de construcción?

Juan Carlos Calderón: Hemos estado en proyectos desde el diseño esquemático, donde el cliente quiere ver volumetrías, hasta As-built.

Alison Patterson: En el proyecto actual de Volio & Trejos con el INA ¿En qué punto entraron?

Juan Carlos Calderón: Es un proyecto de coordinación, entramos en la parte de presupuesto, al hacer un modelado para cuantificación y después se nos solicitó hacer un modelado para coordinación.

Alison Patterson: En este momento, para la coordinación ¿Con quién se comunican? Hay un encargado de BIM en la empresa constructora o es directamente con el contratista o el ingeniero residente.

Cesar Jiménez: El proceso con Bianca fue que nosotros estábamos a cargo del modelado de disciplinas y la coordinación de estas durante el proceso de construcción. El cliente lo que quería era que nosotros fuéramos más avanzados de lo que había en campo para prever conflictos. En ese caso las interferencias iban todas reportadas al cliente, dueño del proyecto y el dividía.

Ahora estamos en un proceso con el área social y el área social es más chiquita, ahí nosotros nos encargamos del modelo electromecánico y una parte de arquitectura, la estructura y los cerramientos está a cargo de otra empresa y ellos están modelando bajo su sistema de construcción en metal e igual estamos realizando la revisión de interferencias y en este caso tenemos comunicación tanto el ingeniero, que en ese caso no es residente, sino es el ingeniero diseñador y el cliente propiamente.

Juan Carlos Calderón: Si eso varía mucho de proyecto en proyecto en realidad. Nosotros somos modeladores y coordinadores, tenemos que tener contacto directo con los contratistas. Hay proyectos en los que nos contrata el cliente y nosotros somos sólo coordinadores y tenemos acceso sólo a, por ejemplo, uno en San Pedro que tenemos ahorita, tenemos acceso sólo al equipo de construcción, el cliente se encarga de transmitir los puntos de diseño el mismo. O sea, depende mucho de cómo se contrata el servicio.

Alison Patterson: Ustedes ¿a reuniones de programación, en sí, o de planificación en cronograma se involucran? Como de trazos en obra.

Juan Carlos Calderón: Nosotros si asistimos a algunas reuniones de esas, sobre todo para dar un apoyo visual.

Alison Patterson: ¿Los programas BIM utilizados ayudan en lo visual?

Juan Carlos Calderón: Lo que se le da a la empresa, lo que se les brinda, es una plataforma de seguimiento de "issues", por ejemplo, BIM Track y se le da un acceso visual al modelo, como es un modelo que se está actualizando semanalmente, entonces ellos tienen información actualizada simplemente. Es una herramienta visual, si se están hablando de que la semana 2 van a avanzar con tal sector, pueden ir al modelo y ver de qué se está hablando. Entonces eso es prácticamente lo de nosotros, en cronograma no nos metemos.

Alison Patterson: ¿La actualización de modelos la hacen como de ir a la construcción y ver qué se ha hecho?

Juan Carlos Calderón: Nosotros no entramos al campo, nosotros tenemos que decirle la información del contratista. Cuando usted hace un proceso BIM para que sea realmente efectivo debe llevar adelante como unas 6 semanas, no menos de 3 semanas, adelante en el modelo.

Entonces lo ideal es que, si usted va a coordinar una parte debe manejar todos los tiempos de producción y operaciones en campo para que usted sepa cuándo tiene que empezar a coordinarlo. Coordinar significa modelar contra lo que se va a hacer para coordinar y ver que no haya interferencias y con eso usted puede hacer un plano de taller y con ese plano de taller se produce y se instala.

Alison Patterson: ¿Ustedes en algún proyecto han hecho un Plan de Ejecución BIM (BEP)?

Cesar Jiménez: Sí eso sí, el BEP lo hemos generado, igual con todos sus requerimientos, esas son como las reglas del juego de un proyecto.

Juan Carlos Calderón: Todos los proyectos deben iniciar como un BEP, si usted va a hacer un proyecto donde usted es el coordinador necesita un BEP para todos los implicados, y si usted es uno de los implicados usted presenta su BEP y lo contrasta con el coordinador para estar en la misma página.

Alison Patterson: Los modelos que ustedes poseen (arquitectónico, estructural, electromecánicos...) ¿Con quienes los comparten? ¿Sería con la constructora o el cliente, o también se comparten con subcontratistas o proveedores?

Cesar Jiménez: Depende del proyecto, digamos, por ejemplo, con Casa Blanca, ellos no tienen modeladores entonces los archivamos y nos lo dejamos nosotros y lo que le compartimos es por una plataforma una visualización lo que tenemos el modelo.

Con ese proyecto que menciona Juan Carlos de San Pedro, ahí la constructora está llevando los modelos arquitectónicos y estructurales, y por otra parte están los que están modelando los modelos electromecánicos, en esa parte los electromecánicos nos lo comparten a nosotros y nosotros les devolvemos los modelos arquitectónicos y estructurales actualizados.

Juan Carlos Calderón: Sí depende mucho un proyecto, por ejemplo, en Cafetal nosotros llevamos el modelado de todo y se comparte a través de una plataforma de visualización y, por ejemplo, en San Pedro va a entrar un proveedor de ventanería, si él tiene conocimiento y quiere hacer sus modelos y sacar planos de taller coordinados se le comparte el modelo de arquitectura.

Realmente en la fase de construcción si alguien va a aportar valor al proceso se le comparte, sino está la plataforma de visualización, que además es más barata. En el momento que usted comparte un modelo y el proyecto está colaborativo usted asume que esa persona va a pagar una licencia de Revit y una colaborativa, mientras que un visualizador lo que necesita una licencia para visualizarlo vía web.

Alison Patterson: ¿Cual visualizador usa?

Juan Carlos Calderón: Con BIM Track, o a veces usamos BIM 360.

Alison Patterson: En el caso de proveedores, no sé en mecánico, de alguna empresa de tuberías, ¿Ustedes modelan a la realidad del sistema?

Juan Carlos Calderón: Nosotros lo que hacemos es bajar familias y editarlas según ficha técnica.

Cesar Jiménez: Sabemos que es un sistema existente y se mantiene siempre la misma cédula. Nosotros lo que hacemos es modelar en base a las especificaciones.

Juan Carlos Calderón: Si usted no modela bajo especificaciones usted no sabe si el equipo de aire acondicionado que está metiendo en el cielo raso es medio metro más grande o medio metro más pequeño. El tema de un proceso BIM es que funcione en coordinación y que sean las especificaciones reales, sino está perdiendo el tiempo.

Alison Patterson: Las preguntas siguientes son con respecto a la metodología IPD, que es un modelo de entrega de proyectos integrales. Cómo primera pregunta sería: ¿Si conocen sobre el tema y si lo utilizan en la empresa?

Juan Carlos Calderón: Pues consiste en una entrega que está coordinada, donde se tiene un modelo completo con toda la información.

Alison Patterson: La metodología IPD dentro de sus puntos considera detallar en el contrato del proyecto compartir beneficios y riesgos según el producto final del proyecto. ¿Esto lo ven como una ventaja?

Juan Carlos Calderón: Bueno eso ya sería un contrato entre el diseñador y el contratista en caso es algo que nosotros no entraríamos.

Eso es algo que le contestaría un contratista a un diseñador, obviamente ahí todos se comprometen a que durante la coordinación van a hacer el mejor trabajo para no toparse con sobrecostos que tengan que asumir. Sobre todo, la mayoría de nuestros clientes son contratistas porque ya se dieron cuenta que con ese proceso bien estructurado de coordinación todas esas sorpresas y sobrecostos que a veces el cliente no acepta se los quitan de encima

Alison Patterson: Otro de los puntos en los contratos IPD es la exención de responsabilidades, de modo que una de las partes no pueda presentar cargos contra otra de las partes, esto para impulsar la confianza ¿esto como lo ven?

Juan Carlos Calderón: Bueno ese apartado habría que leerlo con más detalle para conocer bien a que se referirá. Esto ya sea como que cambien el diseño sin mi consentimiento o si tengo una exención de responsabilidades si yo someto como constructor una modificación y el diseñador acepté y ocurran problemas. Obviamente un proyecto coordinado donde está el diseñador y el contratista hay menor probabilidad de que eso pase.

Alison Patterson: ¿Como se ofrecen al mercado los servicios? ¿Cómo es la publicidad de ustedes hacia sus clientes?

Juan Carlos Calderón: Eso básicamente son los contactos o por recomendación, eso por haber hecho un buen trabajo en proyectos anteriores. También, por redes sociales donde se da a conocer los servicios. Con ello también se tiene el portafolio de evidencias, que habla por sí solo.

Alison Patterson: ¿Los servicios estan dirigidos en su mayoría a los contratistas?

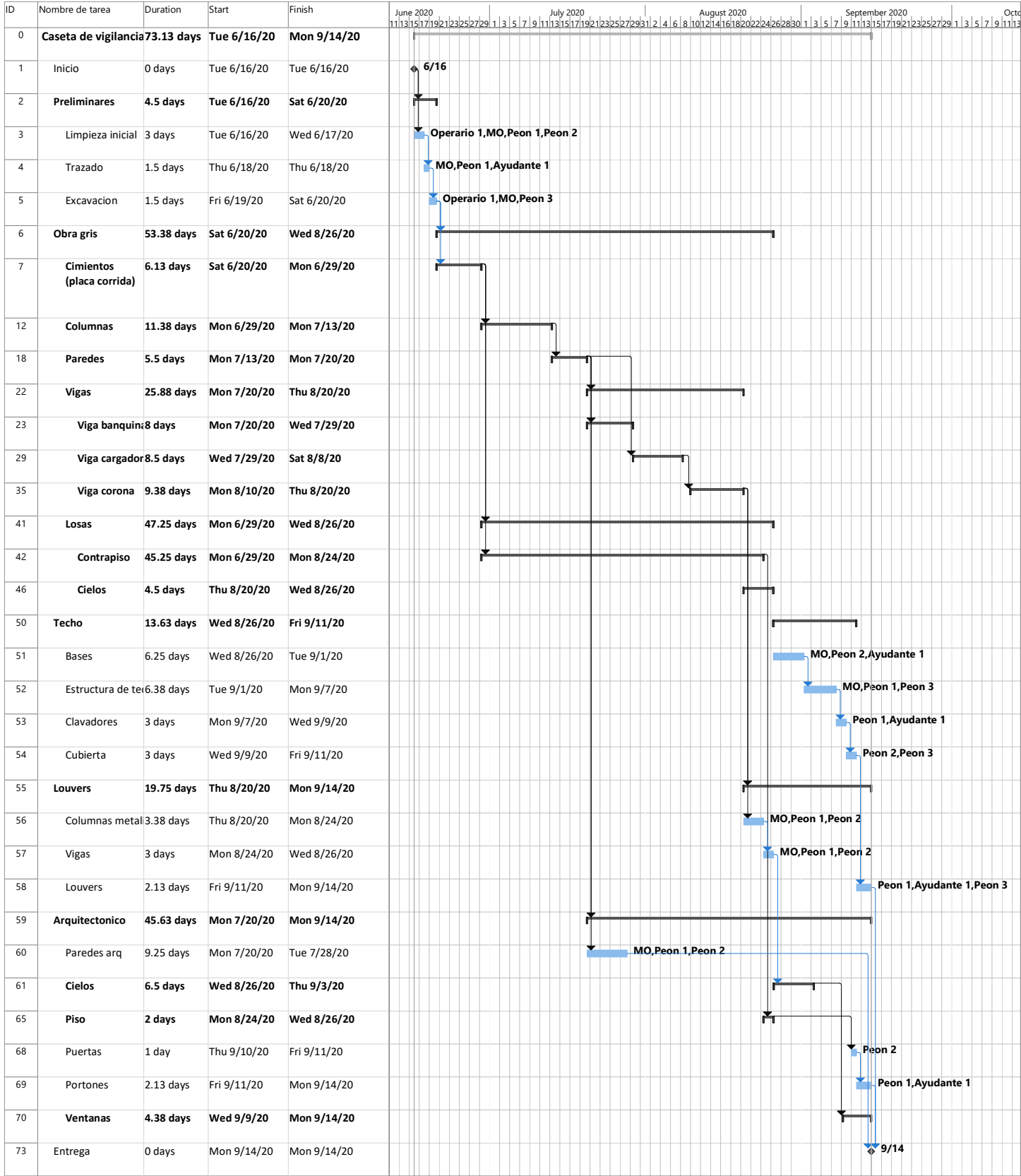
Cesar Jiménez: Si en su mayoría. También al cliente que pida un proyecto coordinado. Aunque se hago un gasto adicional, al contratar consultores BIM, también va a verse beneficiado, ya que es más caro resolver errores en campo que significan días de cuadrillas que ni pueden trabajar, espera de materiales a preverlo antes de la construcción.

Alison Patterson: ¿Como ha sido el contacto con construcción en el proyecto con la empresa Volio Trejos?

Cesar Jiménez: El contacto con construcción se base generalmente en dos reuniones en un proceso BIM, la primera reunión con avances de obra con constructores y ahí se puede ver el avance y las interferencias para ir las resolviendo y el segundo contacto de reporte interferencias, donde nos sentamos directamente con los diseñadores y constructores, ahí están involucradas las dos partes, ya sea para dar una solución en campo en ese momento o. postergarlo.

Con Volio el contacto fue contractual. Estaba un compañero en campo 3 días y el llevaba las dos reuniones, adicionalmente el tiempo que estaba ahí está dedicado a recibir información de campo o pedir información de diseñadores, contratistas, entre otros, lo cual permitirá una comunicación directa.

Apéndice 3. Cronograma en Project



Proyecto: Caseta de vigilancia
Fecha: Tue 6/2/20

Tarea

División

Hito

Resumen

Resumen del proyecto

Tarea inactiva

Hito inactivo

Resumen inactivo

Tarea manual

solo duración

Informe de resumen manual

Resumen manual

solo el comienzo

solo fin

Tareas externas

Hito externo

Fecha limite

Progreso

Progreso manual

ID	Nombre de tarea	Duration	Cost	Resource Names	Qtr 2, 2020	Qtr 3, 2020	Qtr 4, 2020	Q					
					May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
0	Caseta de vigilancia	73.13 days	€57,725,366.92										
1	Inicio	0 days	€0.00			6/16							
2	Preliminares	4.5 days	€951,262.67										
6	Obra gris	53.38 days	€32,686,836.67										
7	Cimientos (placa corrida)	6.13 days	€1,299,412.00										
8	Confeccion de	1.63 days	€182,852.67	MO,Peon 1,Peon 2									
9	Colocacion de	2 days	€380,569.33	MO,Ayudante 1,Peon 3									
10	Confeccion y colocacion de concreto	3 days	€545,705.33	MO,Peon 1,Peon 2,Concreto[2 m3]									
11	Relleno	1 day	€190,284.67	MO,Ayudante 1,Peon 3									
12	Columnas	11.38 days	€2,501,048.33										
13	Confeccion de	1.5 days	€182,852.67	MO,Peon 1,Peon 2									
14	Colocacion de	4.5 days	€836,906.00	MO,Ayudante 1,Peon 3									
15	Colocacion de encofrado	4.38 days	€482,536.33	MO,Peon 1,Peon 2									
16	Confeccion y colocacion de concreto	1.5 days	€728,968.67	MO,Ayudante 1,Peon 3,Concreto[5 m3]									
17	Desencofrado	1 day	€190,284.67	MO,Ayudante 1,Peon 3									
18	Paredes	5.5 days	€1,279,508.67										
19	Colocacion de acero	2 days	€225,336.67	MO,Peon 1,Peon 2									
20	Pega de bloqu	3 days	€557,937.33	MO,Ayudante 1,Peon 3									
21	Confeccion y colocacion de concreto	1 day	€350,284.67	MO,Ayudante 1,Peon 3,Pared de concreto[8									
22	Vigas	25.88 days	€20,257,981.67										
23	Viga banquina	8 days	€1,896,893.00										
29	Viga cargador	8.5 days	€11,855,343.00										
35	Viga corona	9.38 days	€6,318,245.67										
41	Losas	47.25 days	€7,198,891.00										
42	Contrapiso	45.25 days	€2,117,112.00										
46	Cielos	4.5 days	€821,029.00										
50	Techo	13.63 days	€2,210,834.92										
51	Bases	6.25 days	€822,922.17	MO,Peon 2,Ayudante 1									
52	Estructura de te	6.38 days	€572,776.75	MO,Peon 1,Peon 3									
53	Clavadores	3 days	€354,736.00	Peon 1,Ayudante 1									
54	Cubierta	3 days	€339,872.00	Peon 2,Peon 3									
55	Louvers	19.75 days	€3,787,770.67										
56	Columnas metal	3.38 days	€892,745.33	MO,Peon 1,Peon 2									
57	Vigas	3 days	€1,814,705.33	MO,Peon 1,Peon 2									
58	Louvers	2.13 days	€1,080,320.00	Peon 1,Ayudante 1,Peon 3									
59	Arquitectonico	45.63 days	€18,088,662.00										
60	Paredes arq	9.25 days	€3,296,866.00	MO,Peon 1,Peon 2									
61	Cielos	6.5 days	€2,817,945.00										
65	Piso	2 days	€579,872.00										
68	Puertas	1 day	€3,084,968.00	Peon 2									
69	Portones	2.13 days	€518,355.00	Peon 1,Ayudante 1									
70	Ventanas	4.38 days	€7,461,106.00										
73	Entrega	0 days	€0.00	MO,Peon 1,Peon 2									
									9/14				

Apéndice 4.

Manual de uso de Synchro Pro

Se destaca que el manual de la herramienta Synchro Pro, al ser un documento destinado al uso de los colaboradores de la empresa Blue AEC Studio cuenta con un formato independiente al utilizado en el presente documento.

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO



B:\UE [a.e.c]
STUDIO

Elaborado por:

Alison Justine Patterson Edmond

Fecha:

Junio 2020



Table of Contents

Aspectos básicos.....	4
1. Interfaz.....	5
1.1. Descripción de la interfaz.....	5
1.2. Personalizar configuración de ventanas de trabajo.....	10
1.3. Diagrama de Gantt.....	11
1.4. Ventana 3D.....	14
2. Inicio de un proyecto	16
2.1. Opciones Generales de Synchro.	16
2.2. Guardado automático.....	17
2.3. Fechas de un proyecto.....	18
2.4. Camino critico	19
2.5. Unidades de medida	20
Proyecto 3D.....	21
1. Importar datos y modelo	22
1.1. Importar archivos 3D	22
1.2. Uso de complementos con Revit	24
1.3. Importar modelos IFC	26
1.4. Importar cronograma.....	27
2. Perfiles de apariencia.....	28
2.1. Perfiles de apariencia personalizados.....	29
2.2. Perfiles de apariencia para equipos.....	32
3. Filtros 3D incorporados.....	34
3.1. 3D por selección.....	34
3.2. Filtro de objetos 3D.....	35
3.3. Filtro de camino critico	37
4. Campos de usuario.....	38
4.1. Campos de usuario predeterminados.....	38
4.2. Crear campos de usuario	39

Vinculación 3D.....	43
1. Selección de objetos 3D	44
2. Asignar recursos 3D a tareas.....	47
3. Error de asignación de recursos	49
4. Crear nuevas tareas	50
4.1. Duración de las tareas.....	51
4.2. Agregar enlaces entre tareas	52
4.3. Asignar tareas	53
4.4. Asignar tareas desde el modelo.....	53
5. Rendimientos	55
5.1. Reglas de rendimientos.....	55
5.2. Cantidades físicas.....	56
5.3. Cantidades físicas por campos de usuario	58
6. Agrupar y subdividir objetos 3D.....	62
6.1. Slice	62
6.2. User Slice.....	63
6.3. Freehand	64
6.4. Subdividir diversos elementos	67
6.5. Editar subdivisiones	68
7. Emparejamiento automático	69
7.1. Campos de usuario para el emparejamiento automático	69
7.2. Reglas de emparejamiento automático.....	70
7.3. Emparejamiento automático de recursos 3D a tareas	72
8. Importar y editar equipos	73
9. Rutas 3D	75
9.1. Crear ruta 3D.....	75
9.2. Asignar un recurso a la ruta 3D.....	77
9.3. Editar ruta 3D.....	77
10. Objetos 3D	81
10.1. Manipuladores	81
10.2. Editar Objetos asignados	82
10.3. Copiar Objetos	83
10.4. Crear Objetos	84

Sincronización.....	88
1. Sincronizar modelos 3D	89
1.1. Optimizar la sincronización	89
1.2. Sincronización de modelos 3D	90
1.3. Identificación de cambios en objetos 3D	91
2. Sincronización del cronograma.....	92
2.1. Líneas base en el cronograma.....	92
2.2. Sincronización de programas.....	95
2.3. Comandos de sincronización	96
2.4. Líneas base en la vista 3D	98
 Proyecto 4D.....	 100
1. Revisar proyecto 4D	101
1.1. Revisión de tareas	101
1.2. Revisión del proyecto.....	102
2. Informe de cronograma	104
2.1. Actualización de estado	104
2.2. Informe de reprogramacion.....	106
2.3. Reportes de cronograma	107
3. Editor de Visualización	109
3.1. Plano de corte	109
3.2. Puntos de vista	111
4. Animaciones.....	113
4.1. Crear una animación	113
4.2. Editar una animación	117
5. Exportar.....	119
5.1. Exportar el Diagrama de Gantt	119
5.2. Exportar una imagen.....	122
5.3. Exportar una animación	124
5.4. Exportar un PDF 3D	132

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO

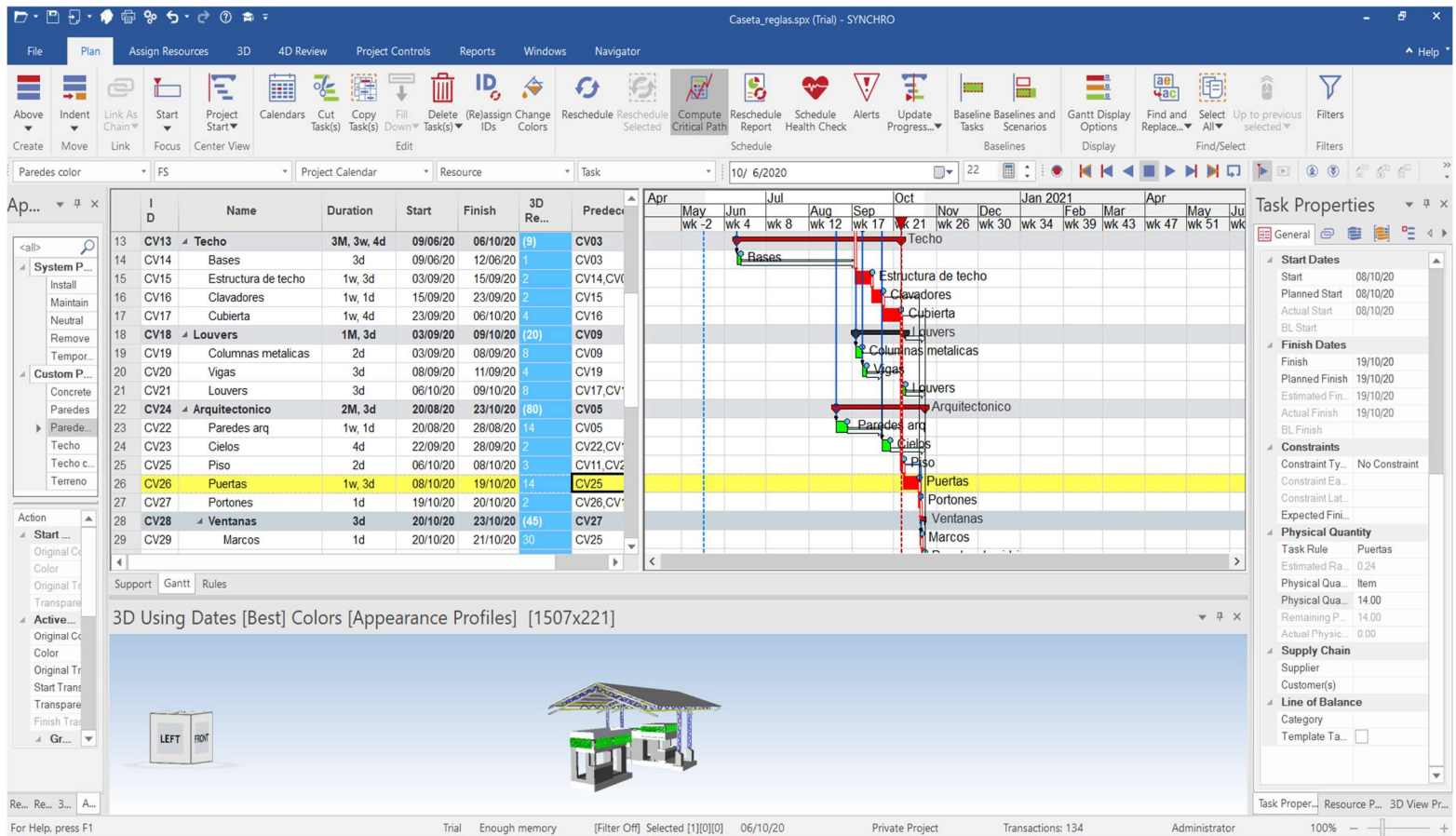


Aspectos básicos



1. Interfaz

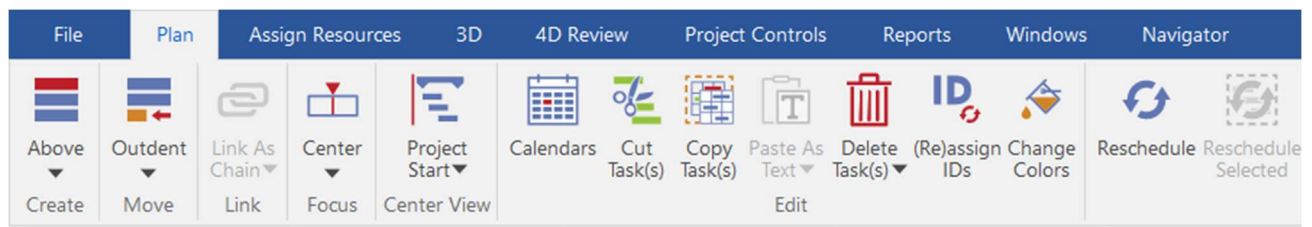
1.1. Descripción de la interfaz.



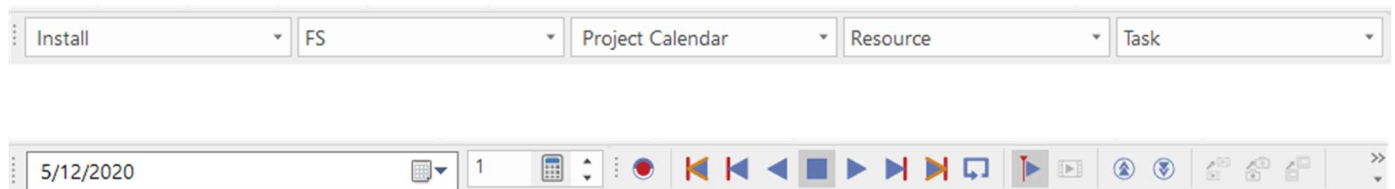
Barra de herramientas de acceso rápido (Quick Access Toolbar): Contiene herramientas de uso común, como abrir, guarda, imprimir, sincronizar, configuraciones, ayuda, entre otros. Esta se puede personalizar a gusto del usuario al lado derecho en la fecha que indica hacia abajo.



Cinta de opciones (Ribbon): contiene una serie de comandos, ordenados por clase, sea por Plan, asignar recursos (Assign Resources), 3D, Recursos 4D (4D Resources), Controles de proyecto (Project Controls), Reports (Reportes), Windows (Ventanas) y Navigator (Navegador).

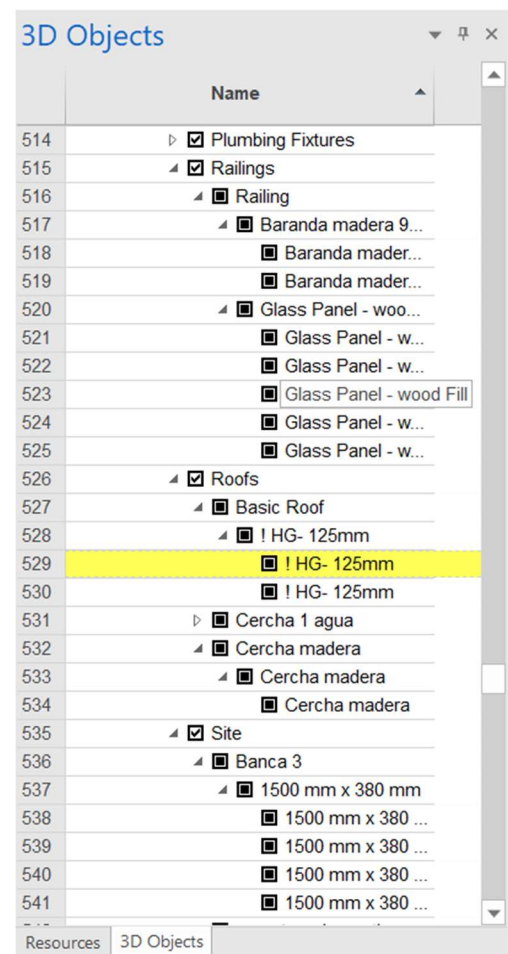
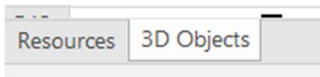
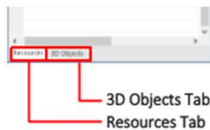


Barra de herramientas (Toolbar): Contiene accesos directos a comandos, esta sección puede variar según la función que se realice.



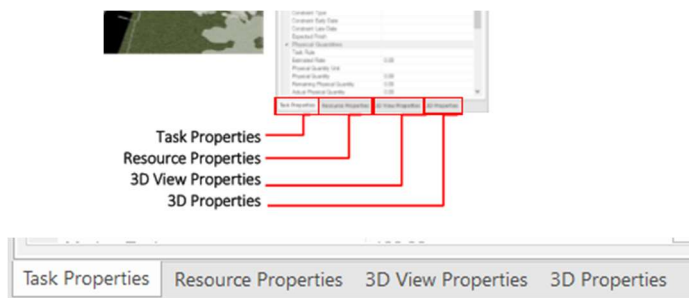
Ventana izquierda: Synchro Pro por defecto contiene en la sección izquierda de la pantalla las ventanas que describen los recursos y los objetos 3D (**Resources & 3D objects**). En estas se muestra la lista de objetos 3D, espacios de trabajo y recursos. En esta se incluyen los importados y los creados en Synchro.

A medida que se trabaja en Synchro en esta ventana se muestran los Perfiles de Apariencia, los filtros 3D, los grupos 3D, entre otros.



Ventana derecha: Por defecto Synchro Pro contiene en esta sección las ventanas que describen las propiedades (**Properties**). Esta sección se divide en cuatro pestañas, teniendo las propiedades de las tareas, de los recursos, de la vista 3D y las propiedades 3D.

- Propiedades de la tarea: contiene los datos de las tareas seleccionadas, donde se expone el estado de la tarea, los recursos asignados y los costos presupuestados.
- Propiedades del recurso: contiene datos de los recursos seleccionados, incluidos los costos, asignados a tareas y campos de usuario.
- Propiedades 3D: contiene las características de los Objetos 3D seleccionados. Permite al usuario manipularlos usando comandos que incluyen Rotar, Traducir, Escalar y Mediciones.
- Propiedades de vista 3D: contiene opciones que permiten establecer la configuración de la vista 3D, teniendo filtros, indicadores de visualización, modos de renderizado, planos de corte, entre otros.



Task Properties

General

ID	CP48
Name	Cubierta
Calendar	Project Calendar
Task Type	Work
URL	
Comments	
GUID	8F277D12-032A-4233-A25...
External UID	

Progress

Status	Planned
Progress Type	Physical
% Complete	0.00

Durations

Duration Type	Physical Quantity Depend...
Duration	3d
Planned Duration	3d
Remaining Duration	3d
Actual Duration	0d
Duration At Completion	3d
BL Duration	

Start Dates

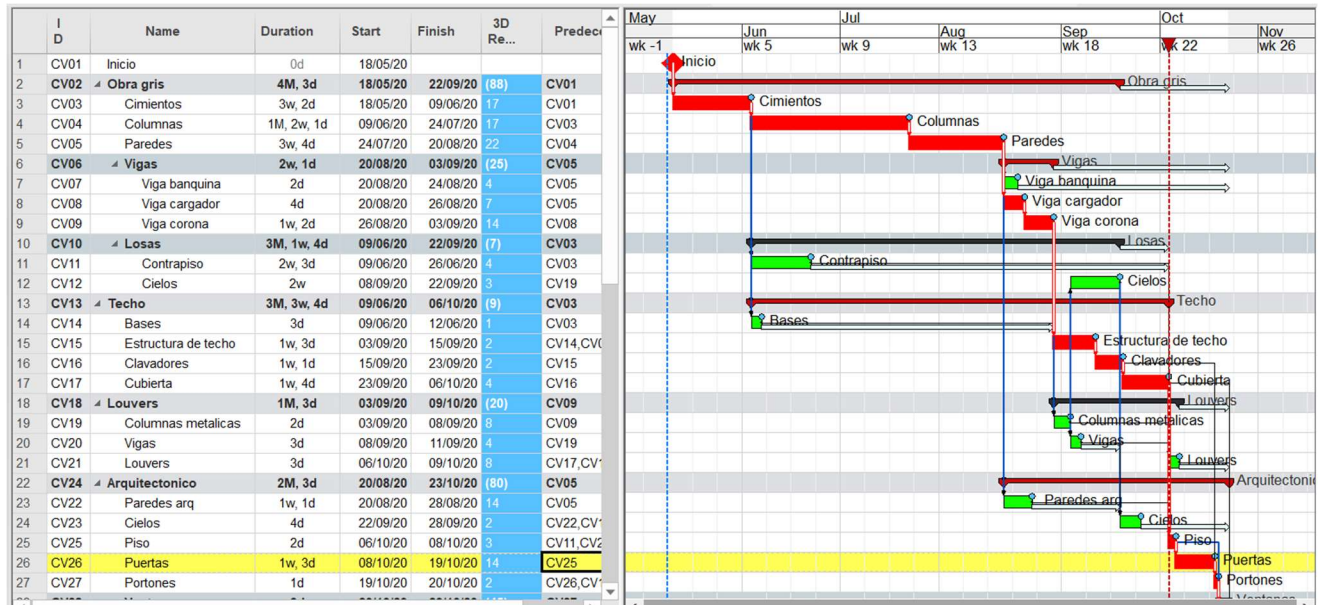
Start	27/04/21
Planned Start	27/04/21
Actual Start	27/04/21
BL Start	

Finish Dates

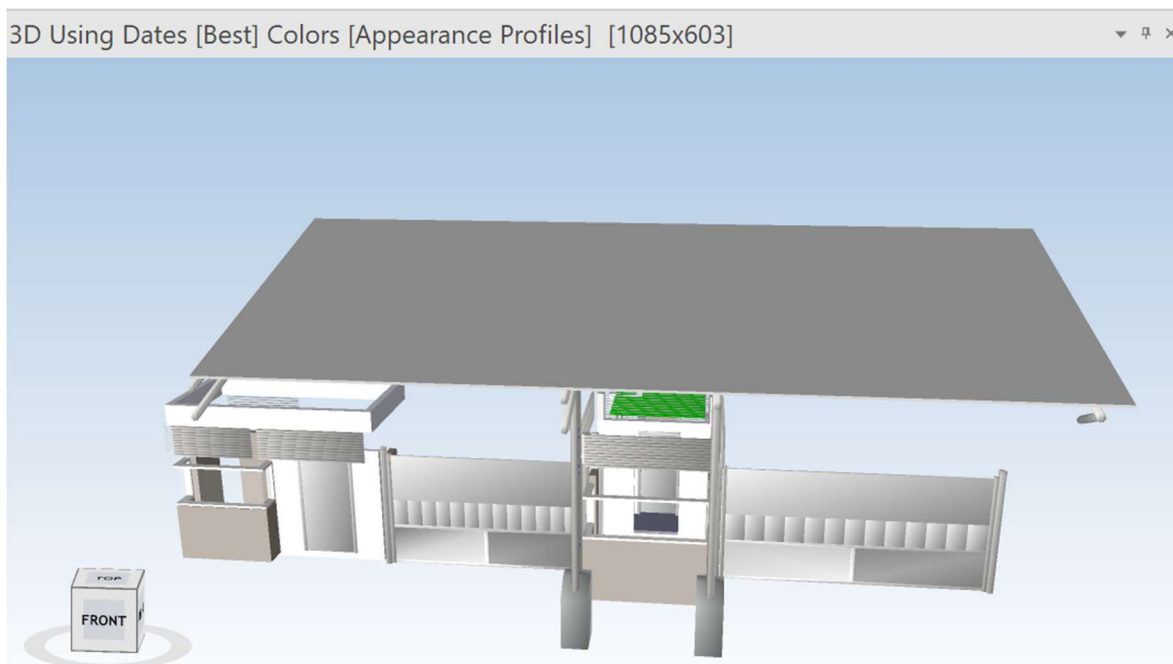
Finish	29/04/21
Planned Finish	29/04/21
Estimated Finish	29/04/21
Actual Finish	29/04/21

Task Properties Resource Prop... 3D View Prop... 3D Properties

Diagrama de Gantt (Gantt Chart): Una vez importado el cronograma en la ventana se mostrará diagrama correspondiente a la planificación de obra, junto con la lista de tareas, con su respectiva duración y actividades predecesoras y sucesoras.



Ventana 3D (3D Window): muestra el modelo 3D del proyecto. En esta se establecen los recursos a cada elemento del modelo.



1.2. Personalizar configuración de ventanas de trabajo.

- Dimensionar una ventana

Las ventanas mencionadas pueden ser modificadas en cuanto a su dimensión.

Coloque el cursor en la parte superior de la ventana, de modo que aparezca el icono de doble flecha.

Seleccione y con un clic izquierdo del mouse y arrastre la ventana 3D.

- Desacoplar ventanas

De la misma manera, las ventanas pueden desacoplarse y reubicarse.

Haga doble doble click en la cinta superior de cada ventana para desacoplarlas.

Mueva el cursor a una esquina de la ventana para cambiar el tamaño de esta, de modo que aparezca una flecha diagonal.

Luego haga clic izquierdo y arrastre al tamaño deseado.

Esta opción es útil cuando se utilizan dos monitores y se desea ver el diagrama de Gantt o la ventana 3D en el segundo monitor.

- Acoplar ventanas

A igual manera, las ventanas desacopladas pueden volver a su posición original o reacomodarse para modificar la configuración de la pantalla.

Arrastre la ventana que desea acoplar a la posición deseada. Con lo cual se presentará un cuadro de acople en la pantalla.

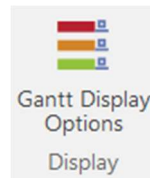
uu	13/05/21	13/05/21	
1d	18/05/21	18/05/21	1
w, 4d	03/05/21	21/05/21	(12)
w, 3d	03/05/21	13/05/21	4
3d	13/05/21	18/05/21	4
3d	18/05/21	21/05/21	4
M, 4d	01/05/21	07/09/21	(26)
1d	01/03/21	02/03/21	2

Dirija la pantalla hacia el cuadro que desea y suelte al obtener la ubicación deseada.

1.3. Diagrama de Gantt

Si el cronograma está organizado por **Work Breakdown Structure (WBS)**, debe asegurarse de que el programa esté configurado en WBS.

En la pestaña **Plan**, en la sección **Display** seleccione **Gantt Display Options**.



Con ello se abrirá una ventana de dialogo.

Gantt Display Options

Task Grouping

☒ WBS WBS Layout Colors

☐ Custom Grouping

☐ Activity Code

Bar Colors

☒ Task Status

☐ Task Supplier

☐ Activity Code Color

Show Links

On Screen

Indicators

☐ Spotlight	☒ Progress Labels
☐ Hidden Link Warnings	☒ Constraint Markers
☒ Non-working Time	☒ Resource Markers
☒ Planned Dates	☒ URL Markers
☒ Baselines	☒ Early Tasks Progress Line
☒ Upstream Floats	☒ Late Tasks Progress Line
☒ Downstream Floats	☒ Proposed Dates
☒ Task Names	☐ Late Dates

Apply OK Cancel Help

En la sección **Task Grouping** seleccione **WBS**.

- Personalizar Columnas

El software da la opción de personalizar las columnas del Diagrama de Gantt. De click derecho en la parte superior de la lista de tareas y seleccione la opción de **Customise Columns**.

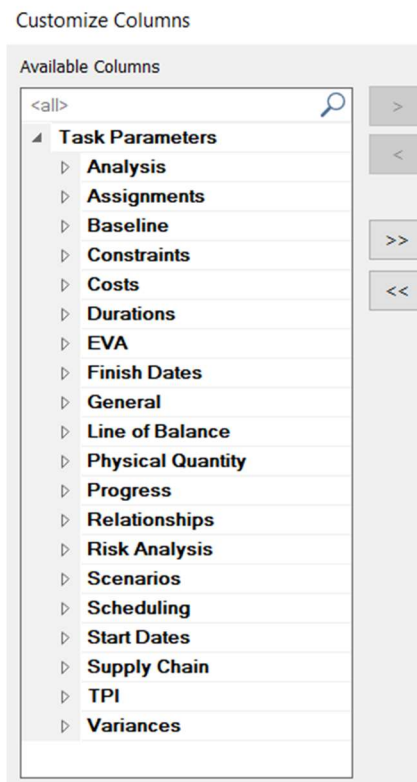
	I D	Name	Duration	Start	
1	A	Inicio	1d		
2	B	▲ Preliminares	3d		
3	B1	Limpieza inicial	1d		
4	B2	Nivelación	1d		
5	B3	Trazado de la obra	1d		
6	C	▲ Movimiento de tierras	1w		
7	C1	Excavacion, corte y relleno	4d		
8	C2	Compactación	1d		
9	D	▲ Cimientos	1w, 3d		
10	D1	Confeccion de armaduras	3d		
11	D2	Colocacion de armaduras	2d		
12	D3	Confeccion y colocacion de concreto	2d		
13	D4	Relleno	1d		
14	E	▲ Paredes	1w		
15	E1	Colocacion de acero	1d		
16	E2	Pega de bloques	1d		

Con ello se abrirá la ventana de dialogo **Customise Columns**.

Customize Columns

Available Columns		Selected	
<all>	>	<all>	Up
Task Parameters	<	ID	Down
Analysis	>>	Name	Rename
Assignments	<<	Duration	
Baseline		Start	
Constraints		Finish	
Costs		3D Resources	
Durations			
EVA			
Finish Dates			
General			
Line of Balance			
Physical Quantity			
Progress			
Relationships			
Risk Analysis			
Scenarios			
Scheduling			
Start Dates			
Supply Chain			
TPI			
Variances			
			OK
			Cancel
			Help

Para agregar una columna seleccione un parámetro de tarea a la izquierda debajo de **Available Columns** y presione la flecha para mover el parámetro de tarea a la derecha debajo de **Selected**.



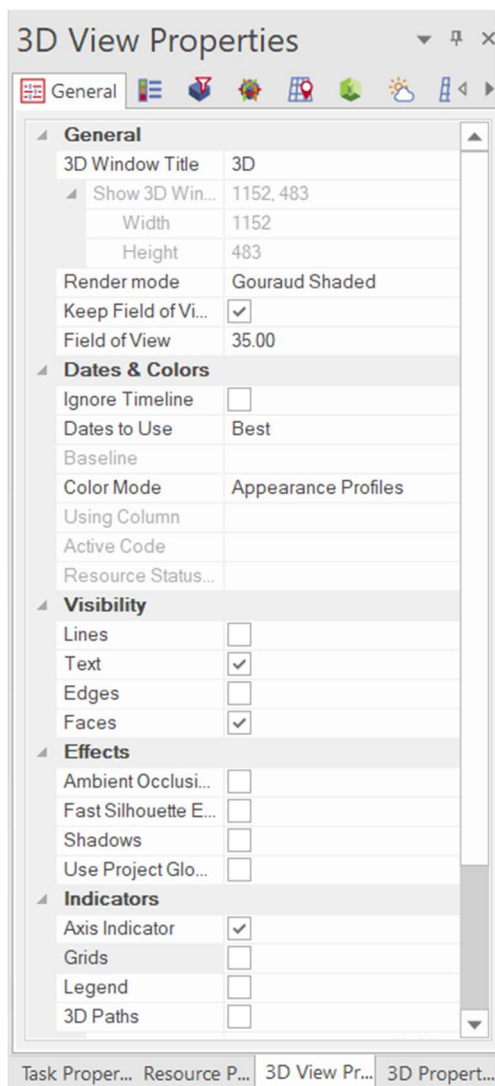
Para eliminar una columna, resalte el parámetro de tarea en **Selected** y presione la flecha hacia la izquierda para mover el parámetro a **Available Columns**.

Puede ordenar las columnas resaltando un Parámetro de la tarea en la Columna **Selected** arrastrando y soltando en la lista o seleccionando los botones **Up** y **Down**.

Puede cambiar el nombre de los títulos de Columnas resaltando el parámetro y seleccionando **Rename**.

1.4. Ventana 3D

En la sección derecha, seleccione la pestaña **3D View Properties** se muestran varias opciones para modificar la visualización de la vista 3D.



En la pestaña **General**, puede modificar la vista 3D, activando la visualización de elementos o modificando fechas, efectos, y colores de la vista.

En la sección **Visibility** habilite la visibilidad de líneas, caras y texto.

En la sección **Indicators**, active **Grid** para activar la cuadrícula o grilla en la vista 3D. En esta sección también puede activar legendas o rutas 3D.

- Navegación en la ventana 3D

La ventana 3D provee herramientas de visualización como Zoom All, Zoom, Rotar, Vista panorámica (Pan) y View Cube (cubo de vista), con el uso del mouse.

Donde:

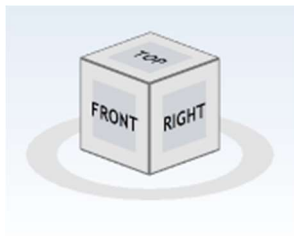
Zoom All (clic con el botón derecho del mouse)

Zoom (desplazamiento con el botón central del mouse)

Rotar (presión en el botón izquierdo con movimiento del mouse)

Vista panorámica (presión en el botón central con movimiento del mouse)

View Cube (clic izquierdo en puntos o caras en el cubo y la vista girará a ese punto de vista, o mantenga presionado el botón izquierdo del mouse en el círculo para rotar).



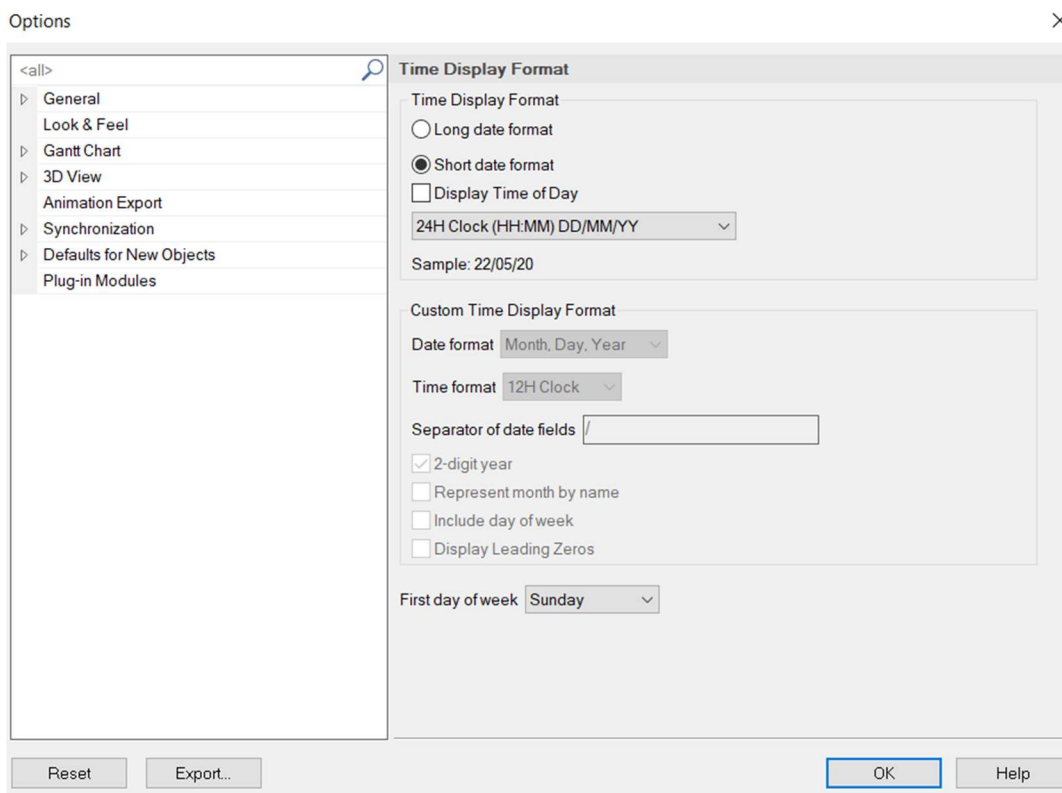
2. Inicio de un proyecto

2.1. Opciones Generales de Synchro.

En la pestaña File, en la esquina inferior derecha seleccione **Options**.



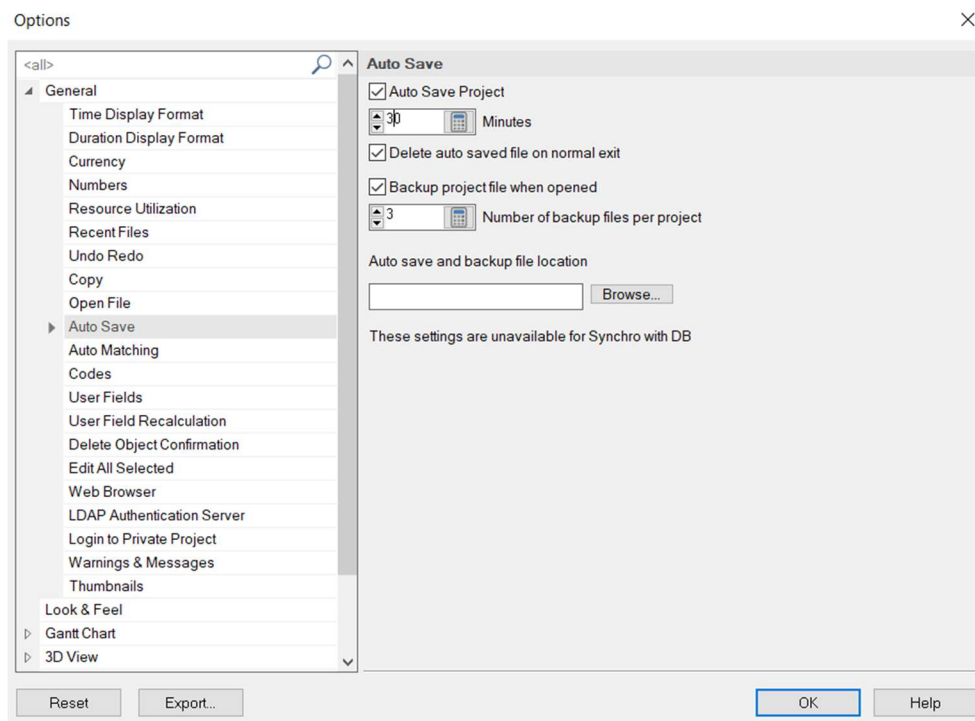
Con ello se abrirá una ventana con diversas configuraciones a editar para el trabajo en Synchro. Las opciones incluyen una visión general, detalles del diagrama de Gantt, de la vista 3D o detalles del proyecto 4D, como el proceso de sincronización y los componentes.



2.2. Guardado automático

En el cuadro **Options** se muestra la pestaña **Auto Save** que corresponde al Guardado automático, en la cual se puede ajustar una copia de seguridad.

En la sección de **Auto Save** se puede configurar el tiempo para el salvado automático.



Se recomienda realizarlo cada 30 minutos.

Tenga en cuenta que el archivo no se podrá editar durante el proceso de guardado automático, y este lapso dependerá del tamaño del archivo, sabiendo que archivos grandes tardan en guardarse.

Habilite la opción **Delete auto saved file on normal exit**, de modo que se vayan a eliminar archivos guardados automáticamente en la salida normal.

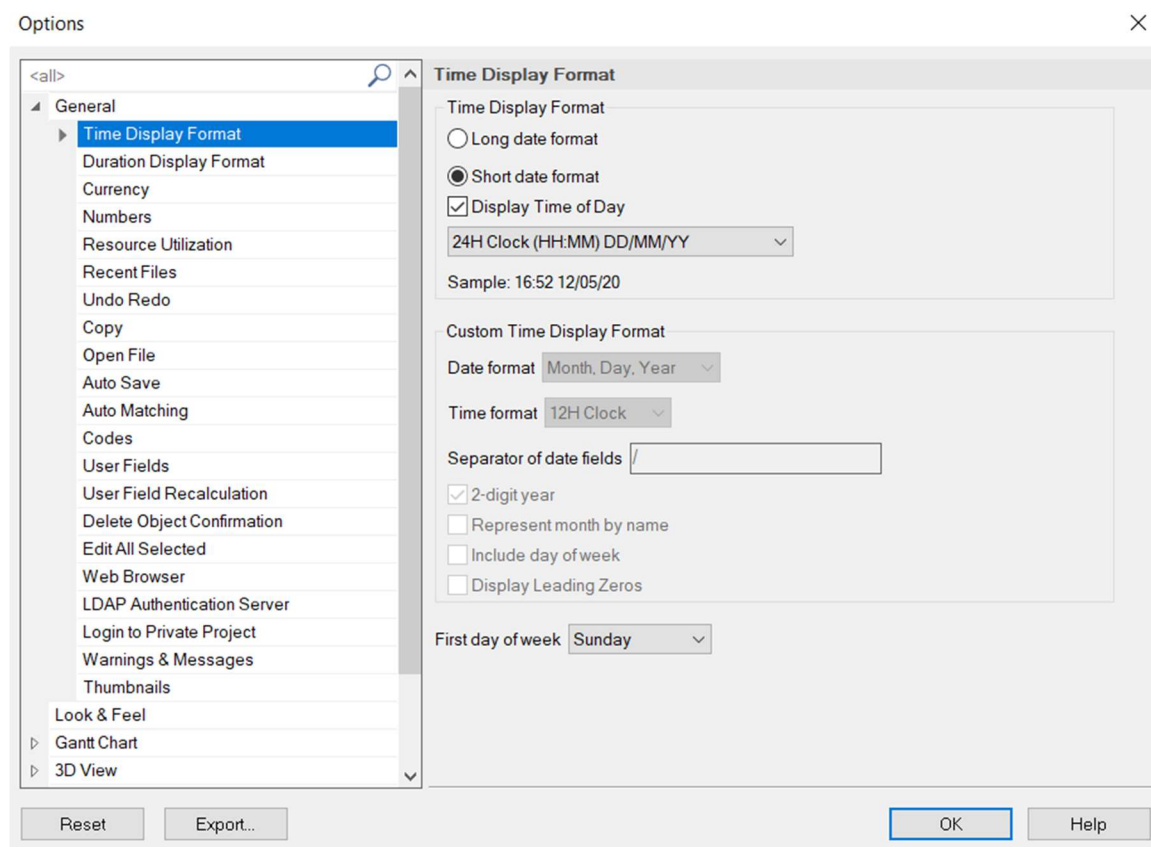
También, habilite la opción **Backup project file when opened** para crear una copia de seguridad cuando abra un archivo.

Busque una ubicación conveniente para localizar los archivos en la opción **Auto save and backup file location**.

2.3. Fechas de un proyecto.

El formato de hora y fecha se puede cambiar a la convención deseada por el usuario.

En el cuadro **Options**, seleccione la pestaña **General** donde se presenta el formato de fecha y hora.



Para el formato de tiempo seleccione en “Time Display Format.” el menú desplegable y seleccione las opciones de su preferencia, ya sea reloj de 24 horas (24H Clock), reloj de 12 horas (12H Clock), International, usar configuración del sistema o personalizado.

Para el formato de fecha seleccione en “Date Format.” el menú desplegable y seleccione las opciones de su preferencia. Asimismo, seleccione el primer día de la semana según el calendario.

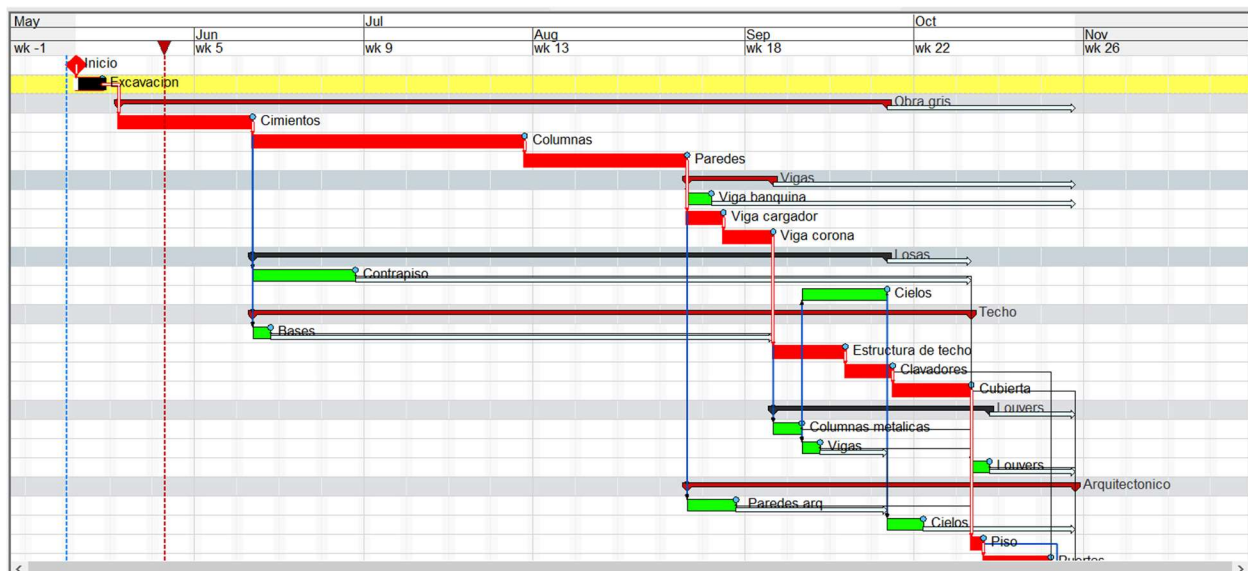
2.4. Camino critico

En el Diagrama de Gantt se puede visualizar el camino crítico del cronograma, esto una vez que se haya reprogramado el cronograma.

Selección en la pestaña Plan, en la cinta Schedule la opción **Critical Path**.

Con ello se mostrarán en el cronograma diversas tareas en colores.

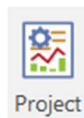
Donde el color rojo indica las tareas críticas y el color verde señala las no críticas.



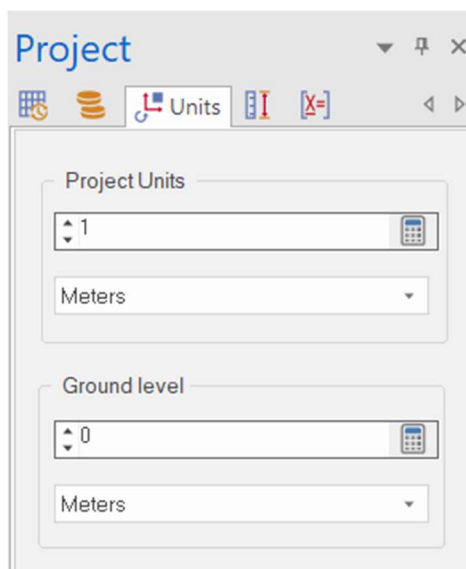
2.5. Unidades de medida

Synchro permite cambiar las unidades de medida del proyecto de acuerdo con el sistema utilizado para realizar el modelo 3D.

En la pestaña **Navigator**, en el panel **Project Data**, seleccione la opción **Project**.



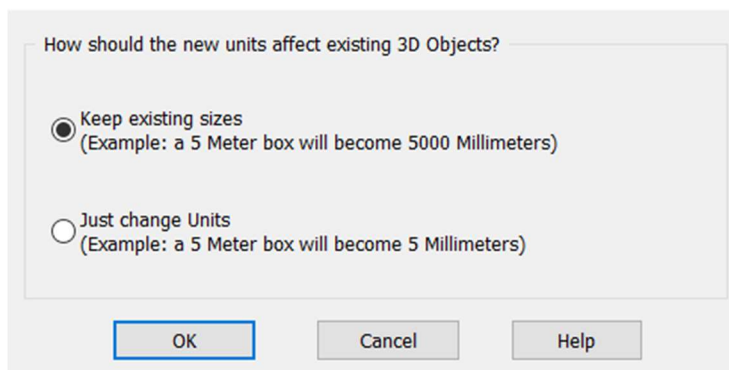
En la sección izquierda se abrirá la ventana **Project**, en esta seleccione la pestaña **Units**.



De esta el proyecto en metros mantenga los datos predeterminados por el programa.

De cambiar las unidades se presentará una ventana de dialogo.

Changing Project Units



Seleccione la opción **Keep existing sizes** para mantener las medidas del proyecto. Al escoger la opción **Just change units** se escalar el proyecto a las unidades escogidas.

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO



Proyecto 3D



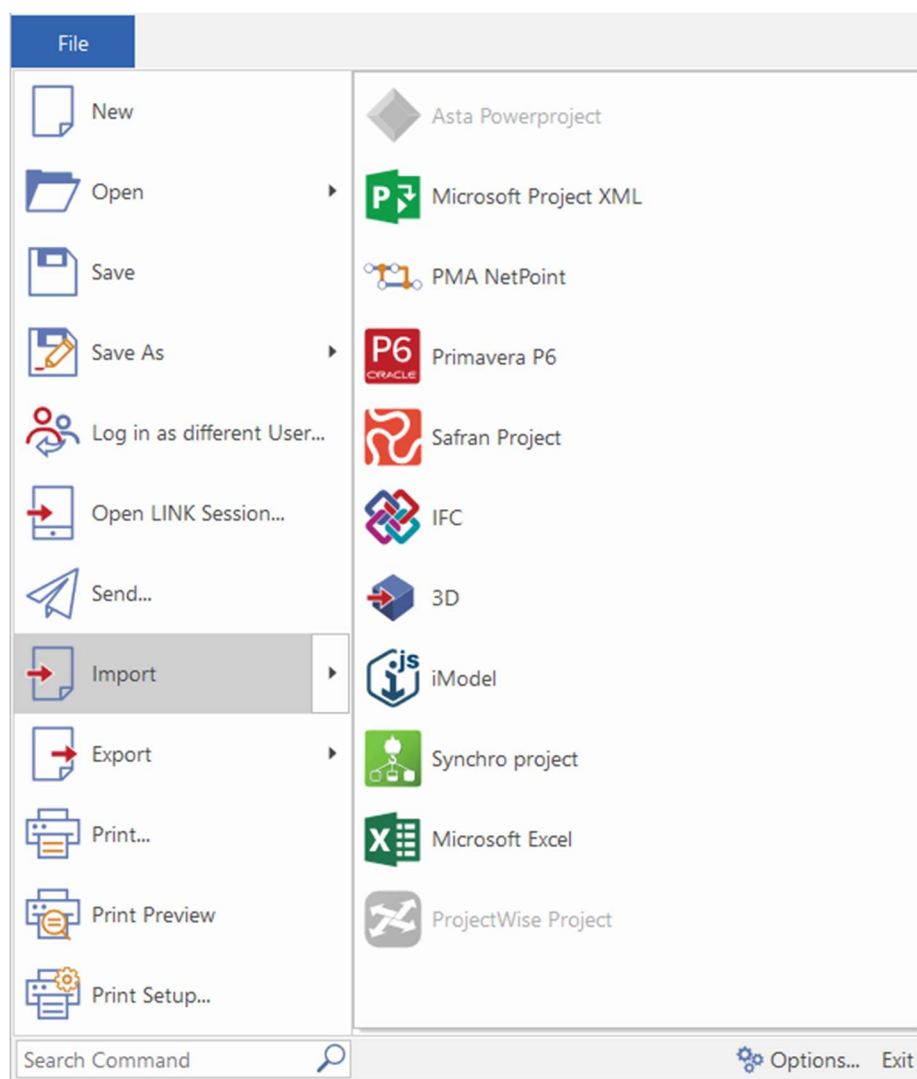
1. Importar datos y modelo

SYNCHRO Pro puede importar de archivos para modelos 3D de diversos tipos, incluidos DWF, DWG, DGN, SKP, 3D PDF e IFC y se pueden importar varios tipos de archivos al mismo proyecto.

Además, hay complementos o plug ins para archivos de Revit (tipo RVT), Navisworks (NWF y NWC) y Bentley (i-Model y DGN) al formato de proyecto de Synchro (SPX).

1.1. Importar archivos 3D

Seleccione en **File** la opción **Import** y luego **3D**.



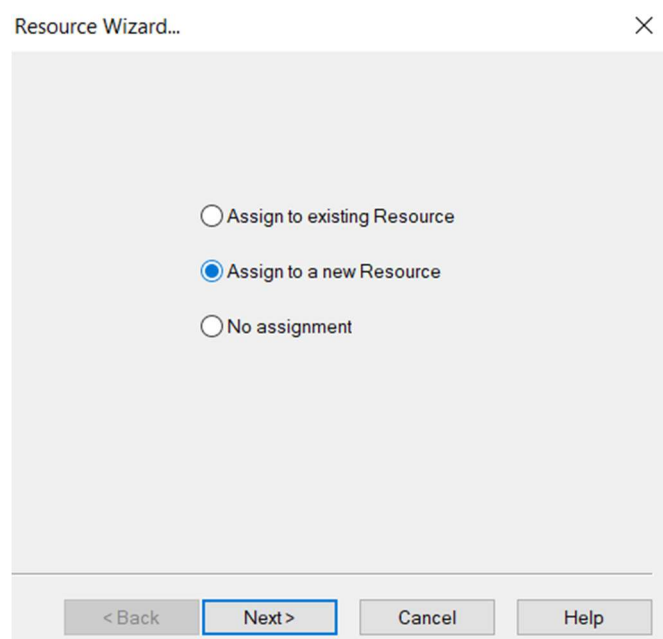
Busque el archivo en el explorador de archivos y seleccione los archivos que desea abrir y seleccione **Open**.

Seleccione **Next** para ver las configuraciones.

Seleccione **Next** para ver configuraciones de importación adicionales relacionadas con la ubicación de geometría, escala y rotación.

Seleccione **Import**

Al finalizar la importación, el Asistente de recursos **Resource Wizard** se mostrará en pantalla.



1.2. Uso de complementos con Revit

Synchro Pro no admite de primera entrada archivos de Revit en formato RVT, por lo que es necesario el uso de complementos (plug-ins) que conviertan a archivos de Synchro SPX. Los complementos se pueden encontrar en la página web de Synchro Ltd. Los complementos se adaptan a la versión de Revit y de Synchro.



Revit Plugins

[Revit Plugin, SYNCHRO Pro version 6.0.1.2,](#)
compatible with Revit 2019

[Revit Plugin, SYNCHRO Pro version 6,](#)
compatible with Revit 2018, 2017, 2016

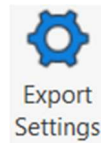
[Revit Plugin, SYNCHRO Pro version 5,](#)
compatible with Revit 2018, 2017, 2016

[Revit Plugin Guide, SYNCHRO Pro version 5](#)

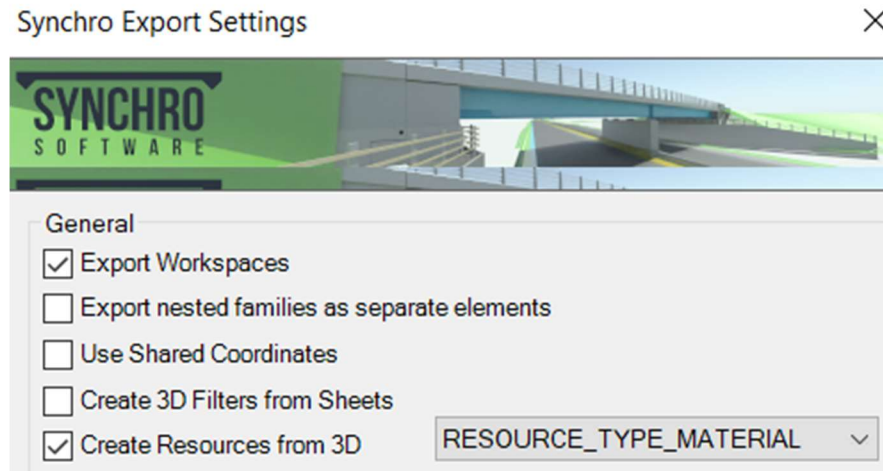
Descargue el complemento necesario.

Una vez descargado, abra el archivo de modelo en Revit como una vista 3D.

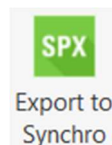
En la pestaña **Add Ins**, en la cinta **Synchro**, seleccione **Export Settings**.



Con lo cual se abrirá una venta de dialogo. Habilite las opciones que se muestran y en el menú desplegable de recursos, seleccione **Resource Type Material**.



Cierre la ventana de dialogo y seleccione **Export to Synchro**.



Una vez guardado el archivo como SPX, dirijase a el programa Synchro.

En la pestaña **File**, seleccón en **Import**, la opción **Synchro Project**.

Busque el archivo en el explorador de archivos y seleccione los archivos que desea abrir y seleccione **Open**.

1.3. Importar modelos IFC

Los archivos de Revit también se pueden importar como archivos IFC, con lo cual no se requiere el uso de complementos.

En el archivo de Revit, diríjase a la pestaña **File**, seleccione en **Export** la opción **IFC**, con ello se abrirá una ventana de dialogo.

Export IFC

File name: C:\Users\ajpat\OneDrive\Documents\Tec\1 Proyecto de gradua Browse ...

Current selected setup: <In-Session Setup> Modify setup ...

IFC Version: IFC 2x3 Coordination View 2.0

Projects to export:

- ☒ 548INA San Ramon_PQSV_ARQ_MOD

[How do I specify an export setup?](#) Export Cancel

En **Browse**, seleccione la dirección para el archivo y seleccione **Export**.

Diríjase a el programa Synchro.

En la pestaña **File**, selección en **Import**, la opción **IFC**.

Busque el archivo en el explorador de archivos y seleccione los archivos que desea abrir y seleccione **Open**.

1.4. Importar cronograma

Synchro permite importar cronogramas de diferentes softwares, como de MS Project y Primavera, con la condición de que dichos archivos sean de formato XML. Para el caso de Project se sabe que maneja archivos MMP, por lo que antes de dirigirse a Synchro se debe realizar la conversión respectiva.

Seleccione en **File** la opción **Import** y luego **Microsoft Project XML**.

Busque el archivo en el explorador de archivos y seleccione el archivo que desea abrir y seleccione **Open**.

Seleccione **Next** para ver las configuraciones.

Microsoft Project import

How would you like to import this file?

☐ Use the Selected Task to merge the data into the current Project

☒ Append the data to the end of the current Project

☒ Reframe Gantt to show imported data

Choose how you would like to process each object

Object	Command
Tasks	Import
Links	Import
Task constraints	Import
Costs	Import
Calendars	Import
Resources	Import
Resource assignments	Import
Activity codes	Import
Activity code assignments	Import
User fields	Import
User field values	Import
Users	Skip
Resource codes	Import
Resource code assignments	Import

Default Skip all

< Back Import Cancel Help

Seleccione **Import** y luego **Finish** para visualizar el cronograma en la sección del Diagrama de Gantt.

2. Perfiles de apariencia

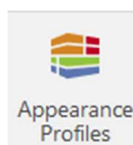
Los perfiles de apariencia determinar cómo se visualizan los recursos asignados a las tareas del cronograma, esto antes, durante y después de la tarea.

Los perfiles de apariencia se determinan de acuerdo con cinco acciones:

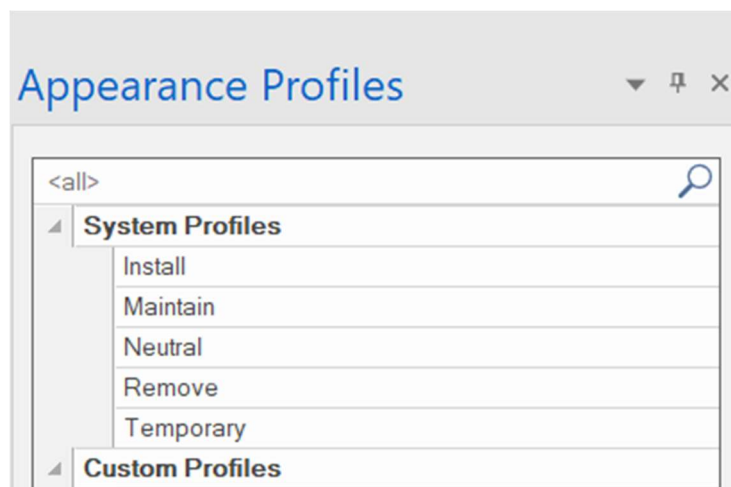
- Instalar (**Install**)
- Mantener (**Maintain**)
- Neutral
- Eliminar (**Remove**)
- Temporal (**Temporary**)

Cuando el recurso es visible, antes, durante y / o después de la tarea, su visibilidad, color, la simulación de crecimiento o interpolación de transparencia en la vista 3D cambia de acuerdo la acción.

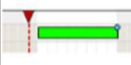
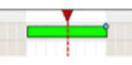
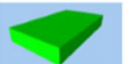
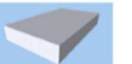
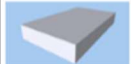
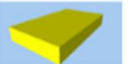
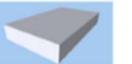
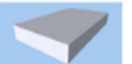
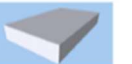
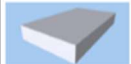
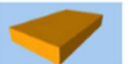
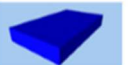
En la pestaña **Navigator**, en el panel **4D Visualization**, seleccione **Appearance Profiles**.



Con ello se abrirá una ventana, en la cual verá las cinco acciones predefinidas que se utilizarán al asignar tareas.



La visualización de estas se muestra en la tabla a continuación.

	BEFORE	DURING	AFTER
			
INSTALL			
MAINTAIN			
NEUTRAL			
			
REMOVE			
TEMPORARY			

2.1. Perfiles de apariencia personalizados

Synchro permite crear perfiles de apariencia personalizados por el usuario, esto además de los perfiles por defecto mencionados anteriormente (**Install**, **Remove**, **Maintain**, y **Temporary**).

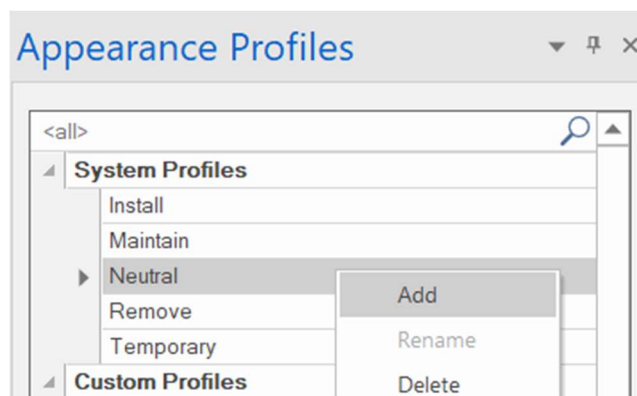
Variar los perfiles de apariencia es de gran ayuda ya que permite diferenciar las fases de construcción.

Al crear un perfil de apariencia se puede variar la simulación de crecimiento, el color y la transparencia.

- Simulación de crecimiento

Al aplicar la simulación de crecimiento a un recurso, permite el “crecimiento” de este, es decir el recurso parece crecer, esto en la dirección especificada, según la dirección de la construcción.

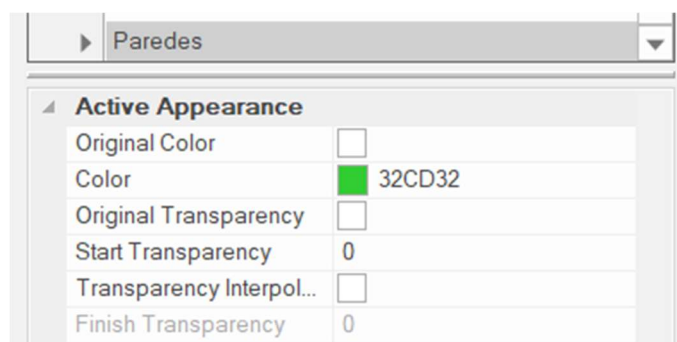
En la pestaña **Assign Resources**, en el panel **Project** seleccione **Appearance Profiles**. Haga clic derecho en la ventana para crear un nuevo perfil y seleccione **Add**.



Haga clic derecho en la ventana, seleccione **Rename** y cambie el nombre del perfil.

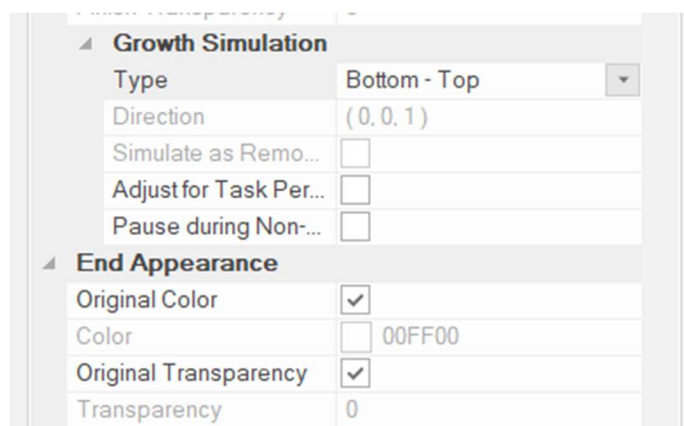
Selection una acción (Install, Remove, Maintain, and Temporary)

Inicialmente en la pestaña **Active Appearance** seleccione el color del recurso cuando está activo en proceso de construcción (según cronograma), de igual manera puede editar la transparencia.



Seleccione tipo, dirección y porcentaje de la simulación de crecimiento.

En la dirección se puede modificar de Derecha-Izquierda, Adelante-Atrás, Abajo-Arriba, viceversa y personalizado.

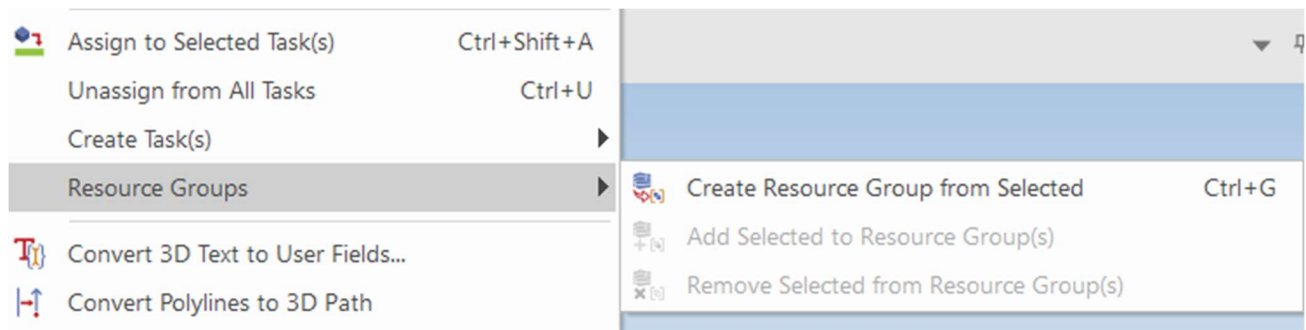


- Crecimiento en grupo

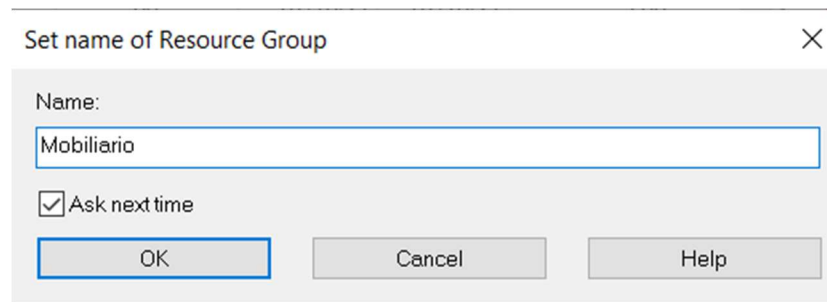
Para mostrar varios objetos que crecen como un grupo utilizando una simulación de crecimiento, en lugar de crecer individualmente, el uso de grupos de recursos permite mostrar la progresión general de la construcción de varios objetos sin necesidad de crear una tarea para cada uno.

Seleccione los elementos a editar.

Haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione en **Resource Groups** la opción **Create Resource Group from Selected**.

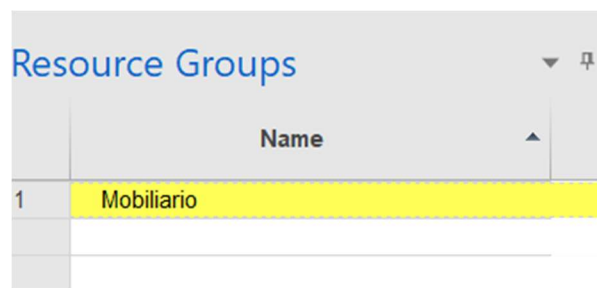


En la ventana emergente nombre el grupo de recursos.



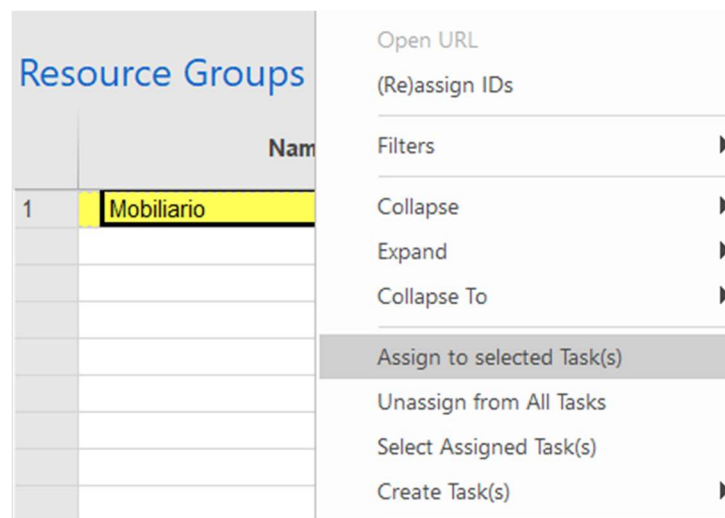
Seleccione el Perfil de apariencia de su gusto o cree uno con las características deseadas.

Abra la ventana **Resource Groups** y seleccione el grupo de recursos creado.



Seleccione la tarea a la que desea asignar el grupo de recursos.

Haga clic derecho en el grupo de recursos, y seleccione **Assign to selected Task(s)**.



Mueva el Tiempo de enfoque hacia adelante y durante la tarea y verá que como como un grupo.

2.2. Perfiles de apariencia para equipos

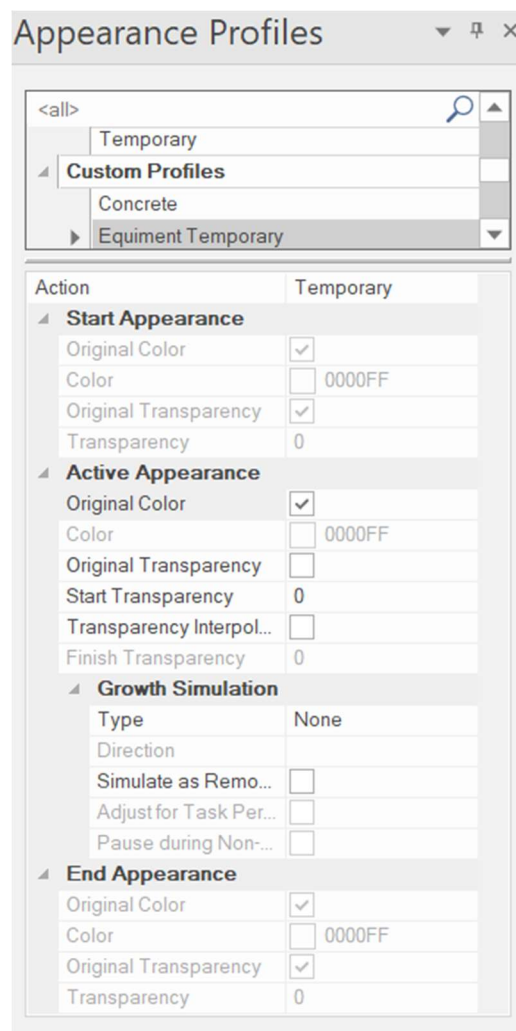
Los perfiles de apariencia mencionados se pueden utilizar para los modelos de equipos. Sin embargo, se recomienda crear perfiles de apariencia especiales para estos modelos, de modo que la simulación se visualice de mejor manera.

En la sección **Navigator**, en la opción **Appearance Profiles** haga clic derecho para crear un perfil nuevo y seleccione Agregar.

Cambie el nombre del perfil Instalación de equipo.

En la pestaña **General**, seleccione la acción (Install, Remove, and Temporary)

En **Active Appearance**, active el color original (**Original Colour**) o seleccione el color de su preferencia.



Las acciones en los perfiles de apariencia para el equipo se pueden usar considerando que:

Install: Para instalar el equipo se asigna a la primera tarea a la que se asigna una pieza de equipo. Esta opción se utiliza al contar con el equipo en 2 tareas o más o para cualquier tarea en la que el equipo debe permanecer en el sitio después del final de la tarea.

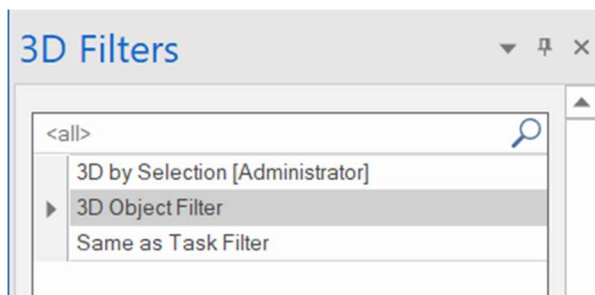
Remove: Para retirar el equipo seleccione las tareas en las que el equipo debe retirarse del sitio al final de estas.

Temporary: Para el equipo temporal, este solo estará en el sitio durante la tarea asignada, no será visible antes de que comience la tarea o después de que finalice la tarea.

3. Filtros 3D incorporados

En modelo con gran cantidad de elementos los filtros 3D son de gran ayuda para visualizar objetos limitando los objetos visibles en la ventana 3D.

Synchro Pro provee tres filtros incorporados, los cuales se utilizan en mayor medida.



3.1. 3D por selección

El filtro **3D by Selection** se activa automáticamente cuando se utiliza la opción para aislar u ocultar objetos en la vista 3D.

Seleccione el objeto que desea aislar u ocultar.

Haga clic derecho en la vista 3D.

Seleccione en **Filters** la opción **Isolate Selected** para aislar el objeto.



De igual manera, Seleccione en **Filters** la opción **Hide Selected** para ocultar el objeto seleccionado.

3D Using Dates [Best] Colors [Appearance Profiles] Filters [3D by Selection [Adminir

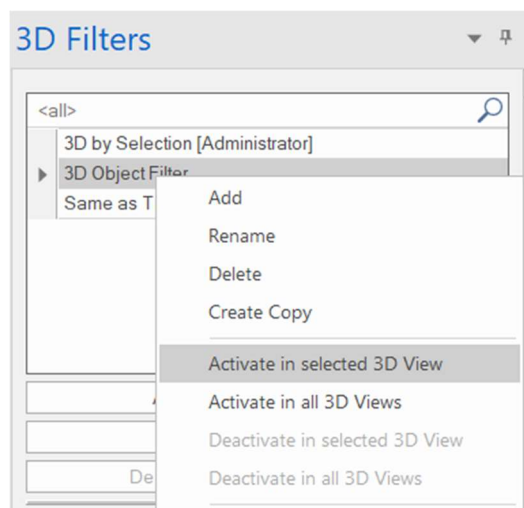


3.2. Filtro de objetos 3D

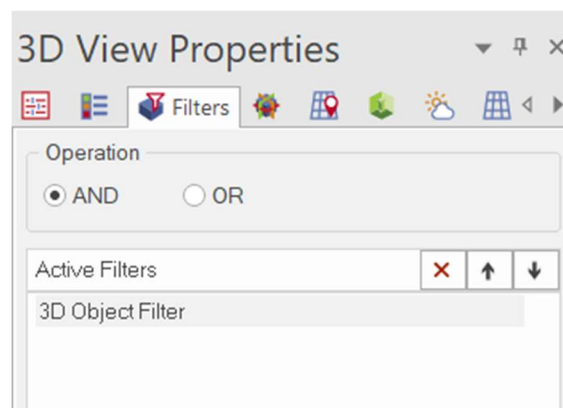
En la pestaña **Navigator**, en el panel de **4D Visualization**, seleccione la opción **3D Filters**.



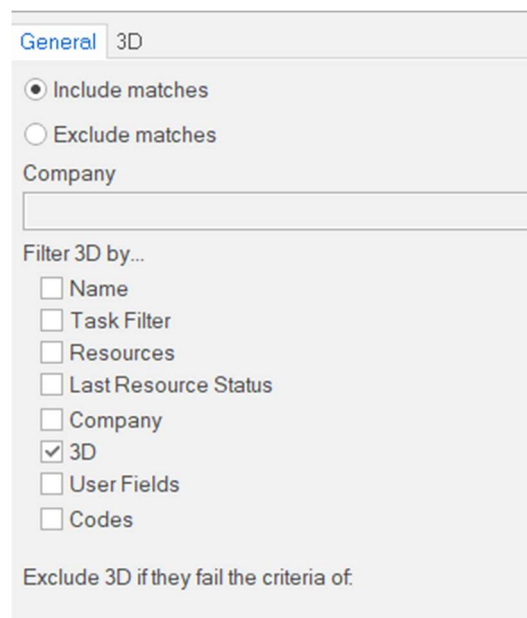
Haga clic derecho en **3D Object Filter** y seleccione **Activate in selected 3D View** para activar en la Vista 3D. Con ello los elementos de la vista 3D desaparecerán ya que no hay nada seleccionado.



El filtro de objetos 3D se agregará a la ventana de **3D View Properties** en una lista de filtros activos.



En la pestaña **3D Filters**, seleccione la pestaña **General** de la lista de **3D Filters** y asegúrese que la casilla **3D** este activada. Esto filtra la vista 3D por la lista de objetos.



En la pestaña **3D Filters**, seleccón la pestaña **3D**.

Al seleccionar la casilla al lado del nombre de archivo, de una capa o en el nombre de un objeto se observarán los objetos asociados en la Vista 3D.

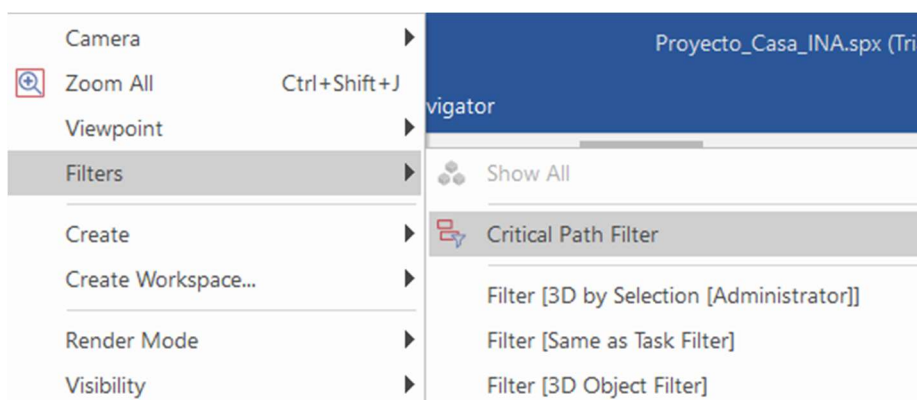
Seleccione **Mark All** todo para habilitar o **Clear All** todo para deshabilitar todos los objetos.

3.3. Filtro de camino critico

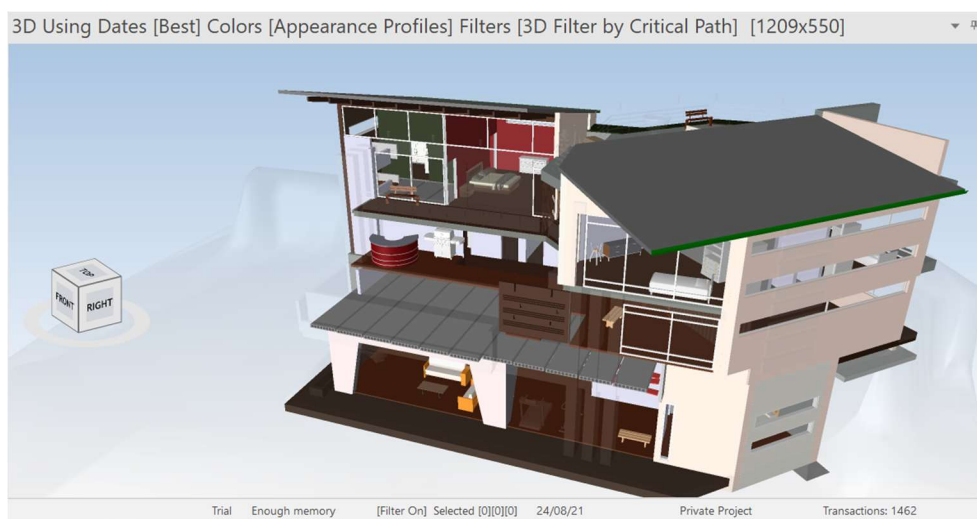
En la pestaña **Plan** seleccione en el panel **Schedule** la opción **Compute Critical Path**.



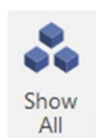
Haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione en el menú **Filters** la opción **Critical Path Filter**.



Este filtro mostrara los recursos asignados a las tareas críticas y los recursos asignados a tareas no críticas se mostrarán con una transparencia del 50%.



Nota. Para desactivar los filtros 3D ingrese a la pestaña **3D**, en la cinta **Quick Filters** seleccione **Show All**.



4. Campos de usuario

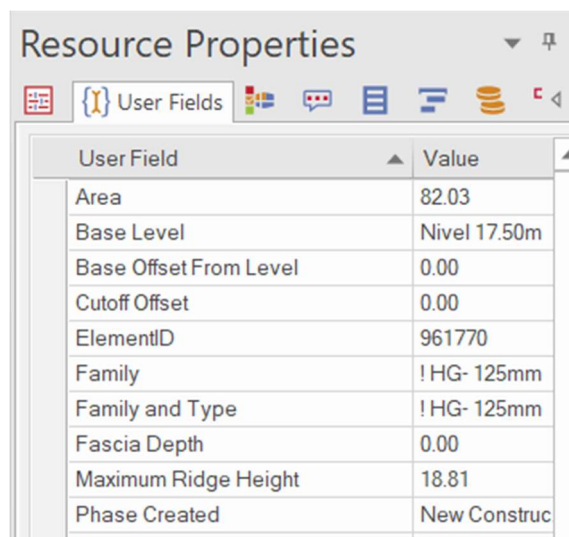
Los campos de usuario son espacios personalizados creados para almacenar, rastrear, filtrar información o calcular parámetros para tareas, recursos u objetos 3D.

Los campos de usuario se presentan en dos casos, el primero de ellos considerando que los archivos de modelos los contienen, donde se establece que al importar el modelo 3D se importaron de igual manera los campos de usuario. Además, se tiene el caso de los campos de usuario personalizados creados en Synchro.

4.1. Campos de usuario predeterminados

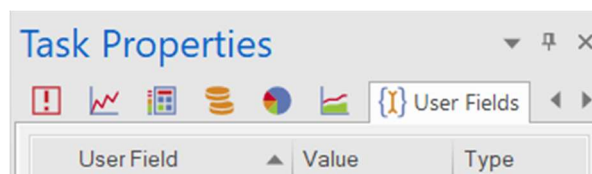
Los campos de usuario se pueden crear al importar una programación o un modelo 3D que tenga los parámetros asignados en sus archivos de origen. Al importar el modelo 3D se procesaron los campos de usuario. Por lo que se crean campos de usuario para tareas y elementos 3D.

En la sección derecha seleccione en **Resource Properties** y el menú **User Fields**. En esta sección podrá observar todos los campos de usuario asignados a un recurso, esto seleccionando el recurso en la vista 3D.



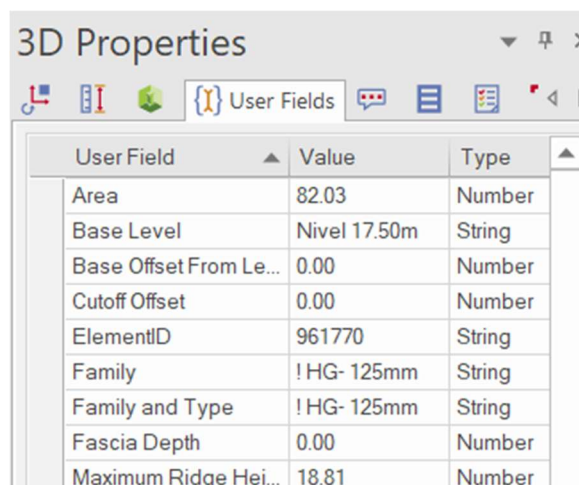
User Field	Value
Area	82.03
Base Level	Nivel 17.50m
Base Offset From Level	0.00
Cutoff Offset	0.00
ElementID	961770
Family	! HG- 125mm
Family and Type	! HG- 125mm
Fascia Depth	0.00
Maximum Ridge Height	18.81
Phase Created	New Construc

De la misma manera, en **Task Properties**, en el menú **User Fields**, puede observar los campos de usuario asignados a una tarea.



User Field	Value	Type
------------	-------	------

Así como, puede observar los campos de usuario en **3D Properties** para los elementos 3D.



User Field	Value	Type
Area	82.03	Number
Base Level	Nivel 17.50m	String
Base Offset From Le...	0.00	Number
Cutoff Offset	0.00	Number
ElementID	961770	String
Family	! HG- 125mm	String
Family and Type	! HG- 125mm	String
Fascia Depth	0.00	Number
Maximum Ridge Hei...	18.81	Number

Nota. Los recursos y elementos 3D poseen campos de usuario incorporados por parte del modelo 3D. Las tareas no cuentan con campos de usuario predeterminados, por lo que se deben crear según el proyecto.

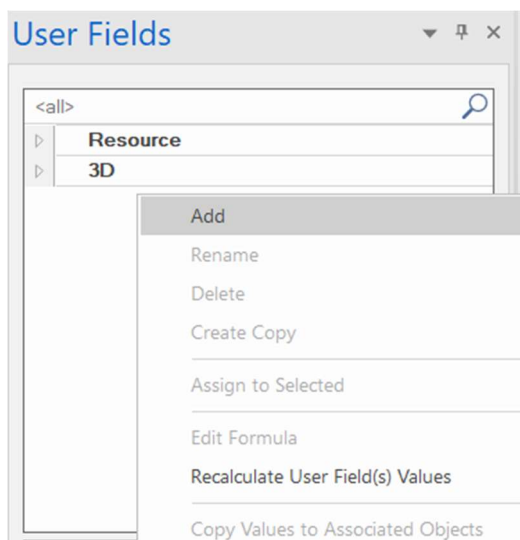
4.2. Crear campos de usuario

Los campos de usuario se pueden asignar a tareas, recursos o elementos 3D, esto para medir o calcular parámetros, almacenar o filtrar información, entre otros.

En la pestaña **Navigator**, en el panel **Project Data**, seleccione **User Fields**.



En la sección derecha se abrirá una ventana. Haga clic derecho en la ventana y seleccione **Add**.

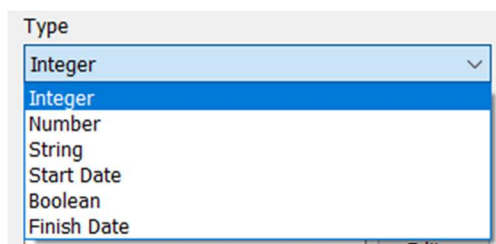


Con ello se abrirá una ventana de dialogo. Agregue el nombre del campo de usuario.

Add User Field

The image shows a dialog box titled "Add User Field". It has a "User Field" section with the following fields: "Name" (text input with "New User Field"), "Category" (dropdown menu with "Task" selected), "Type" (dropdown menu with "Integer" selected), "Calculation Type" (dropdown menu with "Don't calculate" selected), "Formula" (text input with an "Edit..." button), and "Color" (color picker showing black). At the bottom are "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

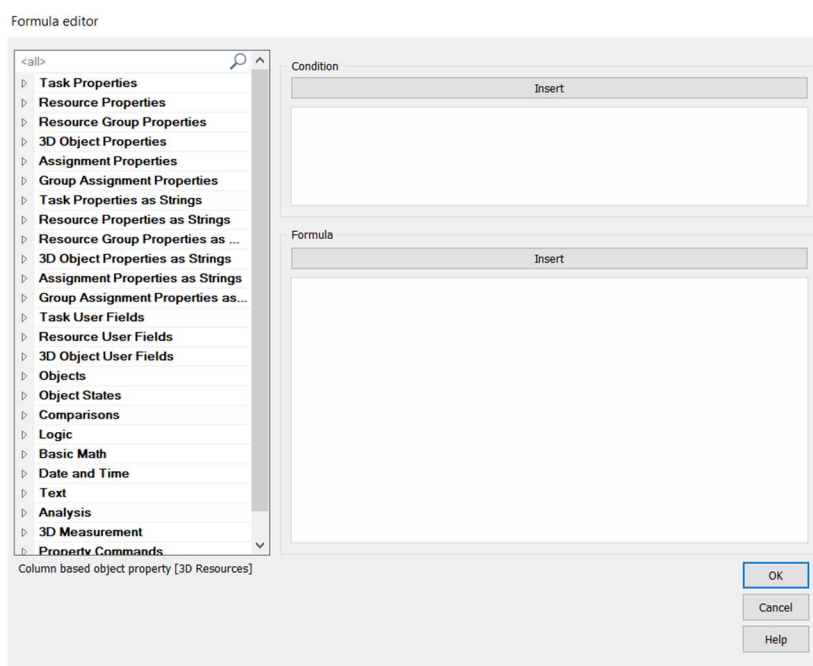
Establezca la categoría, ya sea una tarea, un recurso o un 3D, y el tipo, sea un número, una cadena, una formula u una fecha.



Para el tipo de cálculo seleccione la opción **Don't Calculate** de ser una cadena y seleccione **Calculate** de ser un número a partir de una fórmula.

En caso de ser necesario un cálculo, en la sección **Formula** seleccione **Edit**.

Con lo cual se abrirá una ventana. Esta sección permite crear una fórmula utilizando condiciones lógicas y formular matemáticas para crear el campo de usuario.

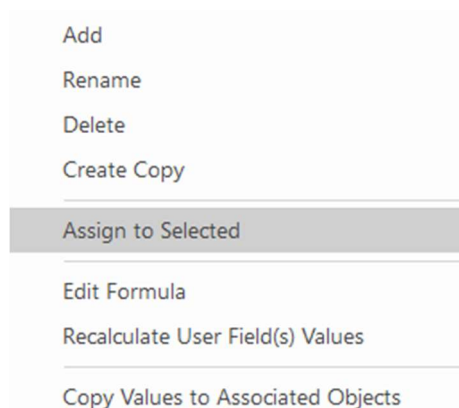


En la sección izquierda de la pantalla se muestra una lista de atributos que incluyen propiedades, cadenas, campos de usuario de los recursos, los objetos 3D y las tareas, así como incluyen las condiciones lógicas, símbolos y fórmulas de análisis matemáticas.

En la sección **Condition** se puede crear una condición lógica de la cual dependa el campo de usuario y en la sección **Formula** se digita la fórmula para el valor resultante del campo de usuario.

Una vez creado el Campo de usuario. Seleccione las tareas correspondientes en el diagrama de Gantt.

Haga clic derecho en la ventana **User Fields** y seleccione **Assign to Selected**.



Haga clic derecho en el encabezado de la lista de tareas y seleccione **Customize Columns**.

En la sección **User Fields** seleccione el campo de usuario creado.

En la columna del campo de usuario se mostrará el valor o la información filtrada.

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO



Vinculación 3D



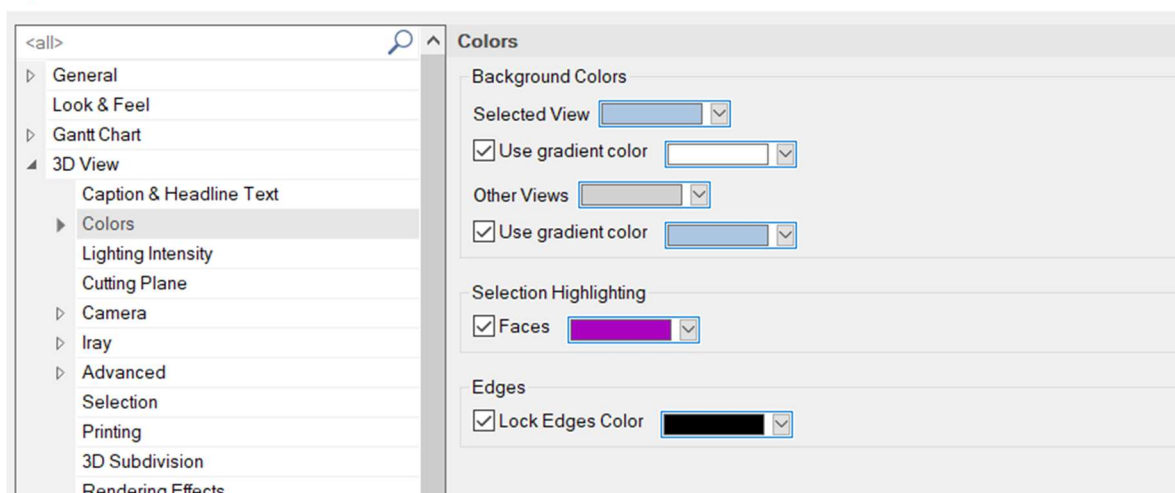
1. Selección de objetos 3D

Cuando selecciona un recurso 3D, se resalta en color púrpura en la ventana 3D, como color predeterminado por el programa.



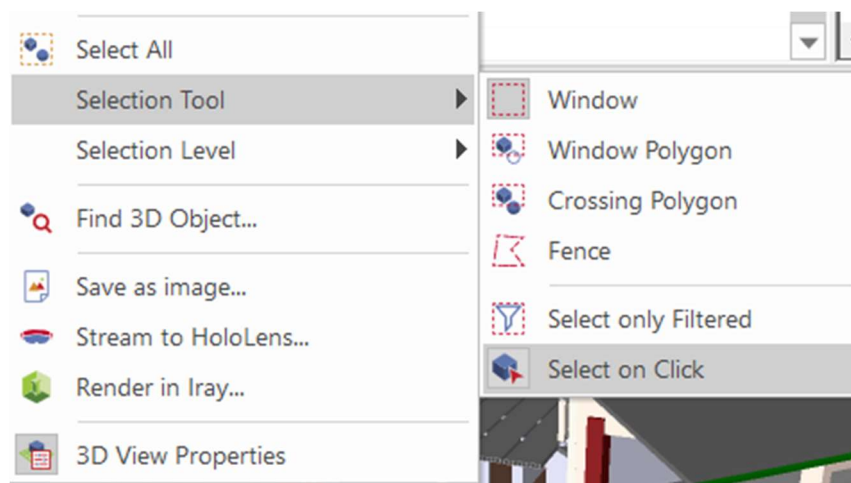
Este color de selección puede ser ajustado a gusto del usuario en **Options**, en la sección **3D View**, en la opción **Colors** seleccione en **Selection Highlighting** el color deseado.

Options



Haga clic izquierdo en el recurso para seleccionar un objeto en la ventana 3D. Al hacer clic izquierdo dos veces en el objeto se deselectionará.

Si un solo clic izquierdo no selecciona un objeto, haga clic derecho en la ventana 3D y active en **Selection Tool** la opción **Select on Click**.

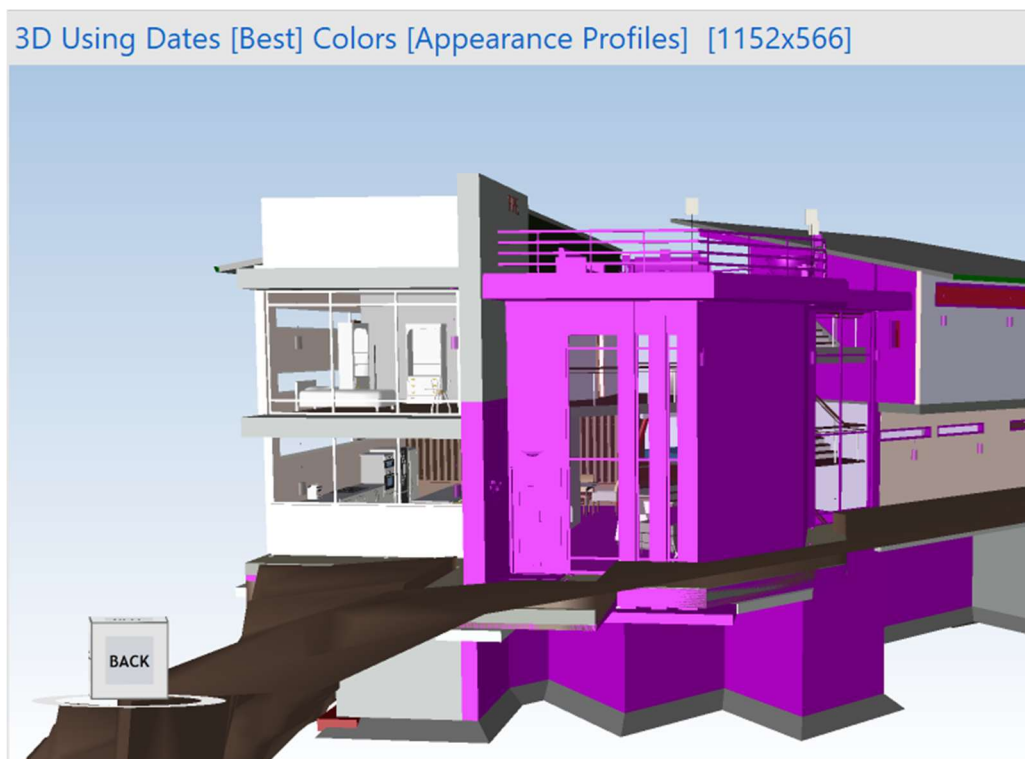
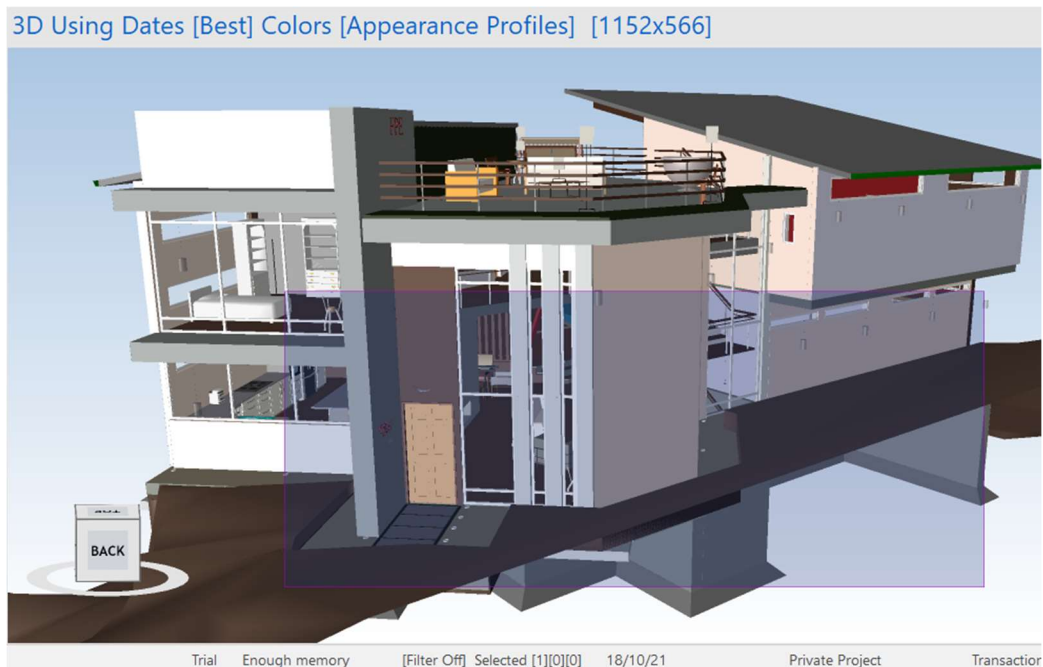


Para seleccionar múltiples objetos en la vista 3D asegúrese que la opción **Select on Click** este activada y seleccione los objetos deseados en la vista.

Si la opción esta desactivada deberá presionar **Shift** al seleccionar los objetos

Si desea deselectionar un objeto en la vista 3D haga clic derecho en el elemento. Si la opción **Select on Click** este activada deberá presionar **Ctrl** para deselectionar los objetos.

Con la opción **Select on Click** activada y presionando **Shift** podrá seleccionar objetos en la vista 3D mediante una ventana.



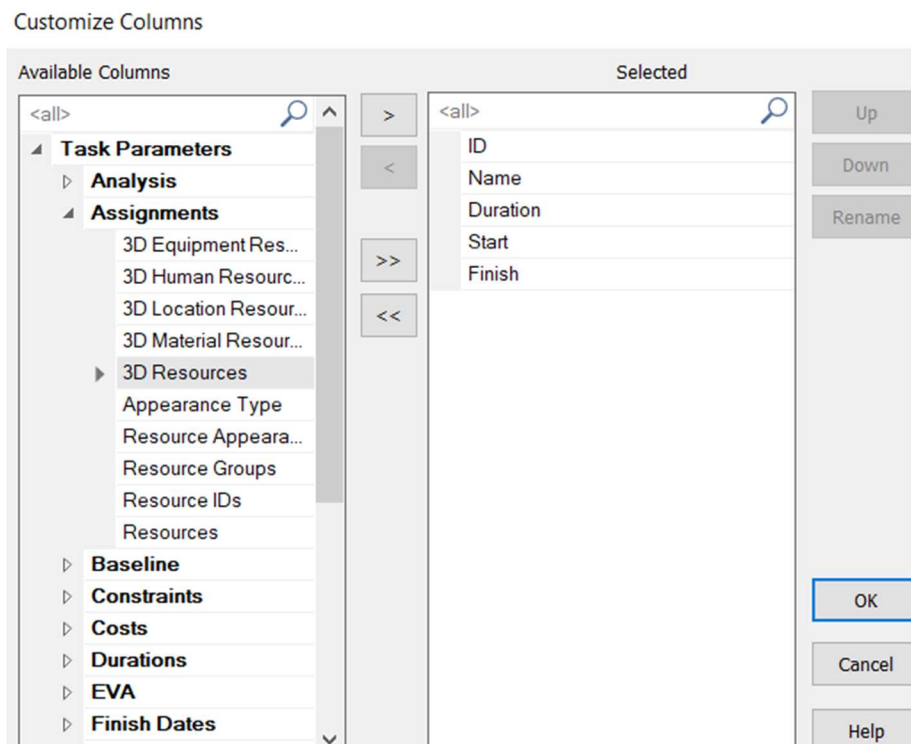
Haga clic en **Esc** para deseleccionar los objetos 3D.

2. Asignar recursos 3D a tareas

En primer lugar, con el uso de las columnas personalizadas del diagrama de Gantt muestre la columna de recursos 3D.

En la barra principal del diagrama de Gantt, haga clic derecho y seleccione Customize Columns.

En la sección **Assignments** seleccione **3D Resources**.

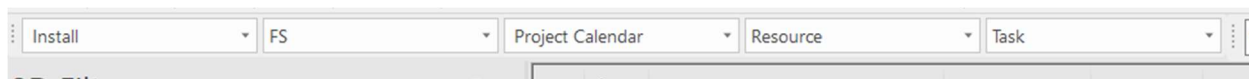


Ahora bien, para asignar recursos o elementos constructivos a tareas, haga clic izquierdo en la tarea en el diagrama de Gantt.

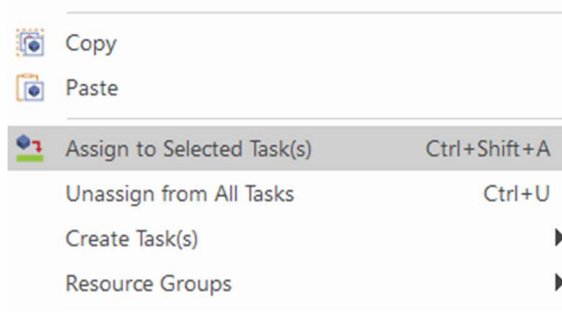
Con el uso de los Filtros 3D oculte objetos que interrumpan la visión.

Haga clic izquierdo en el recurso para seleccionarlo en la ventana 3D.

Luego, en la Barra de herramientas seleccione el perfil de apariencia.

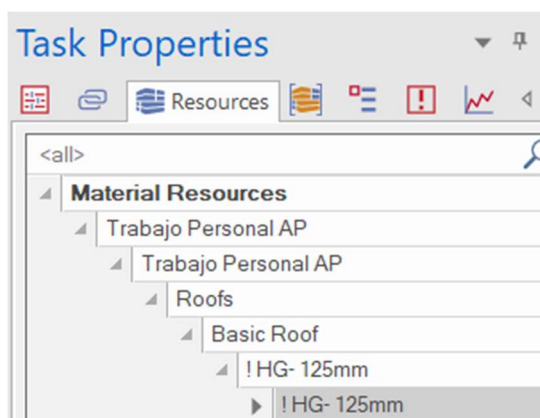


Seguidamente, haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione **Assign to Selected Task(s)**.



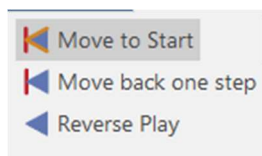
En la columna **3D Resources** vera el número de objetos asignados a la tarea.

Como verificación seleccione una tarea en el diagrama. En la pestaña **Task Properties**, en **Resources** se muestra el recurso que se ha asignado a esa tarea.



En la vinculación de objetos 3D a tareas se recomienda colocar el tiempo de enfoque al inicio de un proyecto de construcción. Con ello, al asignar un objeto a una tarea con el perfil de apariencia **Install** este desaparecerá de la vista 3D.

En la pestaña **4D Review** en el panel **Player**, seleccione **Move to Start**.



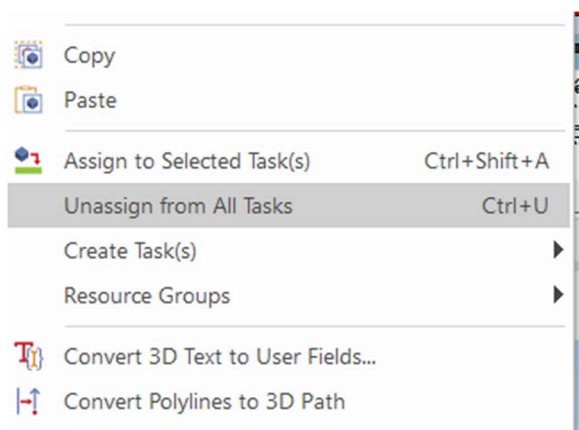
3. Error de asignación de recursos

Si ha asignado un recurso a la tarea incorrecta por error puede corregirlo.

- Vista 3D

Seleccione el objeto en la Vista 3D.

Haga clic derecho y en el menú seleccione **Unassign from All Tasks** para anular la asignación del objeto a todas las tareas del cronograma.

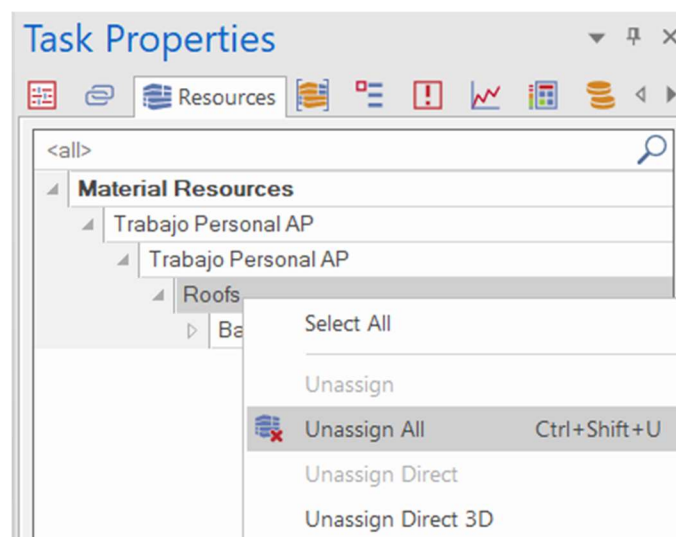


- Propiedades de la tarea

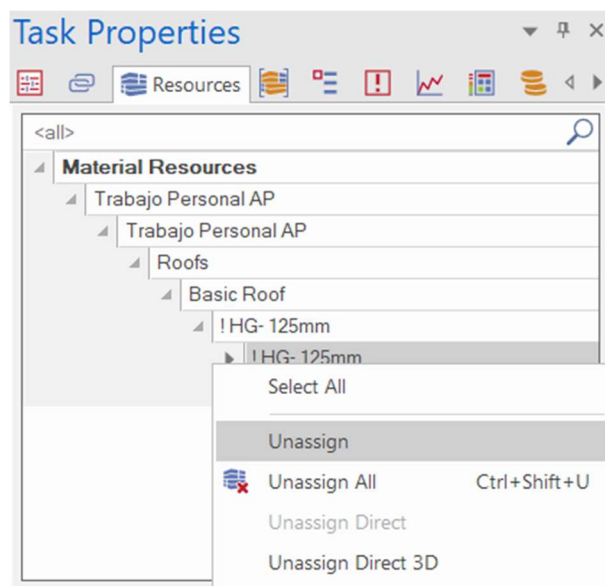
Seleccione la tarea que desea modificar.

En la sección **Resources**, de **Task Properties**.

Haga clic derecho sobre el recurso y seleccione **Unassign All** para eliminar todos los recursos de la tarea.



Para un solo un recurso, descienda al nivel más bajo de cada elemento y seleccione **Unassign**.

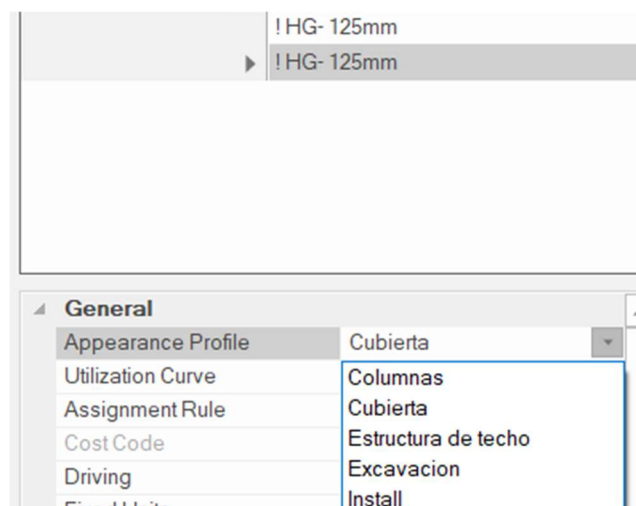


- Perfil de apariencia

Si ha asignado un objeto usando el perfil incorrecto puede cambiarlo.

Seleccione el nivel más bajo del recurso la sección **Resources**, de **Task Properties**.

En la sección inferior seleccione en **Appearance Profile** el perfil correcto en el cuadro desplegable.

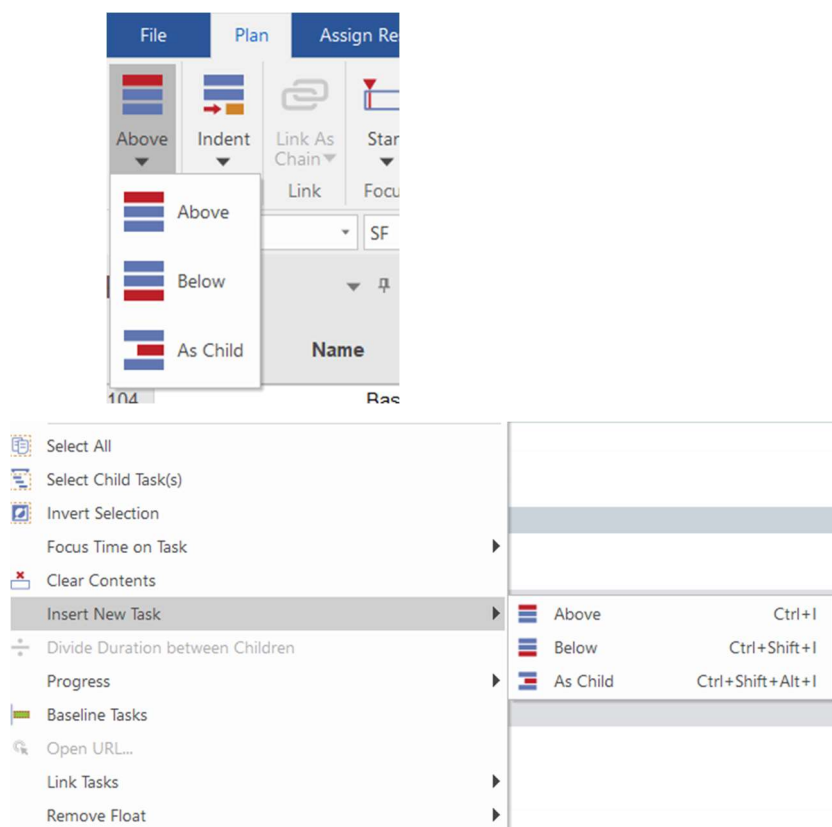


4. Crear nuevas tareas

La creación de tareas en el cronograma se puede realizar una tarea nueva, así como la subdivisión de tareas, de modo que se pueden dividir las tareas iniciales en subtareas. Para ello:

1. Seleccione la tarea en la lista de tareas.
2. En la pestaña **Plan**, en la opción **Create** (o al realizar clic derecho en la tarea y escoger la opción **Insert New Task**) seleccione en el menú desplegable la opción deseada.

Donde **Above** se destina para agregar tareas antes de la seleccionada, **Below** debajo de esta y “As Child” para agregar una subtarea.

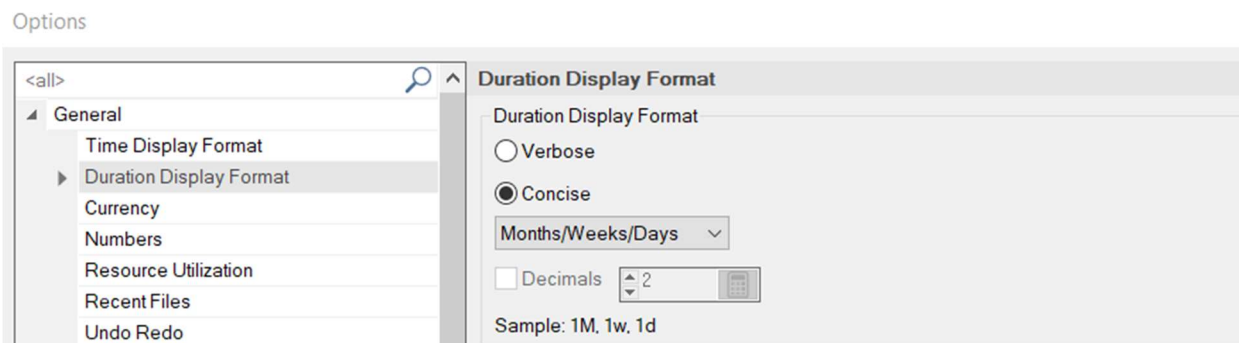


3. Cambie el nombre de la tarea haciendo doble clic en el nombre o haciendo clic derecho y seleccionando **Rename Task**.

4.1. Duración de las tareas

Las duraciones de las tareas se pueden editar dando clic izquierdo en la celda. Al ingresar un numero sin ingresar la unidad de duración, por defecto se establece en días (d).

El usuario puede cambiar las unidades por defecto en **Options**, en la sección **General**, en **Duration Display Format** (Formato de visualización de duración).



4.2. Agregar enlaces entre tareas

Los enlaces entre tareas definen la dependencia entre estas, lo que permite llevar la secuencia en el proyecto.

Al seleccionar una tarea, mantenga presionada la tecla “Mayús” en el teclado y seleccione la tarea que le sigue, esto con el orden cronológico del proyecto.

Elija el tipo de enlace en la barra de herramientas de acceso rápido, donde:

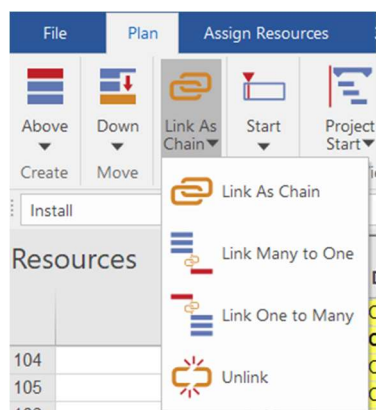
FS – **Finish to Start** (Finalizar para Comenzar)

SF – **Start to Finish** (Comenzar para Finalizar)

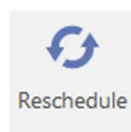
SS - **Start to Start** (Iniciar para Comenzar)

FF - **Finish to Finish** (Finalizar para Finalizar)

Seleccione las tareas a enlazar y de clic en **Link As Chain** en sección **Links Panel** de la pestaña **Plan**.



Seguidamente, se debe reprogramar las tareas, de modo que las fechas se actualicen. En la cinta **Plan**, se encuentra el panel **Schedule**, en ello de clic a **Reschedule**.



4.3. Asignar tareas

Para asignar una tarea a un elemento del modelo, en primer lugar, se debe asegurar que el elemento se ve en la ventana 3D.

En la pestaña **3D** de la ventana **3D Filters**, seleccione **Clear** para ocultar los objetos del modelo.

Marque la casilla del elemento que desea mostrar en la vista 3D. Para una mejor visualización de los elementos utilice el **Viewcube** de la ventana 3D.

Seleccione los elementos 3D, asígnele un Perfil de Apariencia, seleccione la tarea a enlazar y de clic derecho, en el menú seleccione la opción **Assign Selected Resource(s)**.



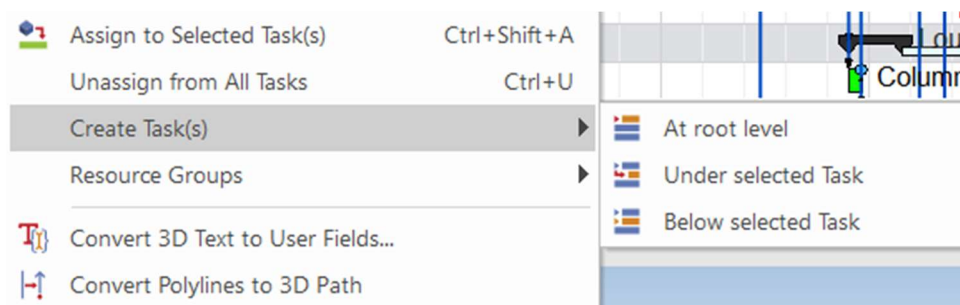
4.4. Asignar tareas desde el modelo

Synchro, además de crear tareas y vincularlas al modelo, permite crear tareas directamente desde los elementos en 3D.

En primer lugar, seleccione los objetos en el orden se desea instalarlos.

Seleccione la tarea en el cronograma de modo que quede resaltada.

Haga clic en el botón derecho en la ventana 3D y seleccione **Create task(s)**, donde puede seleccionar de la lista la acción desea.

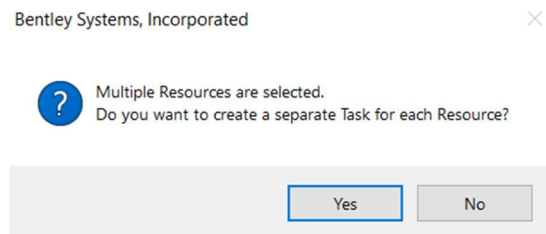


At root level: A nivel superior

Under selected Task: Bajo la tarea seleccionada (como subtarea)

Below selected Task: Por debajo la tarea seleccionada

En caso de que se hayan seleccionado dos o más elementos del modelo aparece el siguiente cuadro de dialogo.



Seleccione Sí para crear una tarea para cada elemento, o seleccione No para crear una sola tarea para el total de elementos.

5.2. Cantidades físicas

En el Diagrama de Gantt, haga clic derecho en el encabezado de la lista de tareas y seleccione **Customize Columns**. En la sección **General** agregue la columna **Task Rule** y en la sección **Physical Quantity** seleccione las columnas **Physical Quantity** y **Physical Quantity Unit**.

ID	Name	Duration	Task Rule	Physical Quantity	Physical Quantity Unit

Seleccione una tarea a editar.

En **Task Properties**, en la pestaña **General**, en la sección de **Progress**, seleccione en la opción **Progress Type** seleccione **Physical**.

Seguido de ello, en la sección **Durations** seleccione en la opción **Duration Type**, seleccione **Physical Quantity Dependent**.

Task Properties

General

ID	CP09
Name	Cimientos Sotano
Calendar	Project Calendar
Task Type	Work
URL	
Comments	
GUID	75F4CFCC-4960-4D60...
External UID	

Progress

Status	Planned
Progress Type	Physical
% Complete	0.00

Durations

Duration Type	Physical Quantity Dep...
Duration	3w
Planned Duration	3w
Remaining Duration	3w
Actual Duration	0d
Duration At Completion	3w
BL Duration	

Asimismo, en **Physical Quantity**, en la opción **Task Rule**, seleccione el nombre de la regla que le corresponda. En **Physical Quantity Unit** seleccione la unidad de medida descrita en la regla y en **Physical Quantity** la cantidad de material en la unidad de medida seleccionada.

Physical Quantity	
Task Rule	Cimientos
Estimated Rate	0.08
Physical Quantity Unit	Cubic meter
Physical Quantity	10.00
Remaining Physical Q...	10.00
Actual Physical Quanti...	0.00

Nota. Al habilitar las columnas correspondiente este proceso puede ser realizado desde el diagrama de Gantt.

ID	Name	Duration	Task Rule	Physical Quantity	Physical Quantity Unit
CP06	Excavacion	3w, 2d	Excavaci...	51.61	Cubic meter
CP07	Obra Gris	7M, 4w			
CP08	Cimientos	3M, 3w, 4d			
CP09	Cimientos Sota...	3w	Cimientos	13.90	Cubic meter
CP10	Cimientos 1	1w, 4d	Cimientos	8.37	Cubic meter

Una vez digitada la cantidad física se actualizará la duración de la tarea.

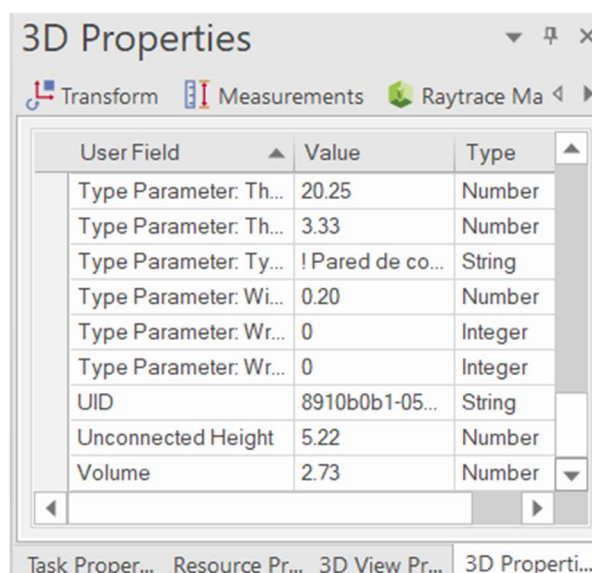
5.3. Cantidades físicas por campos de usuario

De modo que Synchro Pro no reconoce las cantidades físicas de los elementos y enlistarlos los valores a mano por medio del modelo resulta ineficaz, se deben enlistar los valores por medio de campos de usuario.

En esta sección es importante mencionar que dentro de los campos de usuario incorporados en el modelo se presenta el volumen, el área, la altura, entre otras dimensiones de los elementos 3D.

- Volumen

Como se menciona, cada elemento 3D importado en el modelo contiene el campo de usuario Volumen, el cual se puede observar en la pestaña **3D Properties**.



UserField	Value	Type
Type Parameter: Th...	20.25	Number
Type Parameter: Th...	3.33	Number
Type Parameter: Ty...	! Pared de co...	String
Type Parameter: Wi...	0.20	Number
Type Parameter: Wr...	0	Integer
Type Parameter: Wr...	0	Integer
UID	8910b0b1-05...	String
Unconnected Height	5.22	Number
Volume	2.73	Number

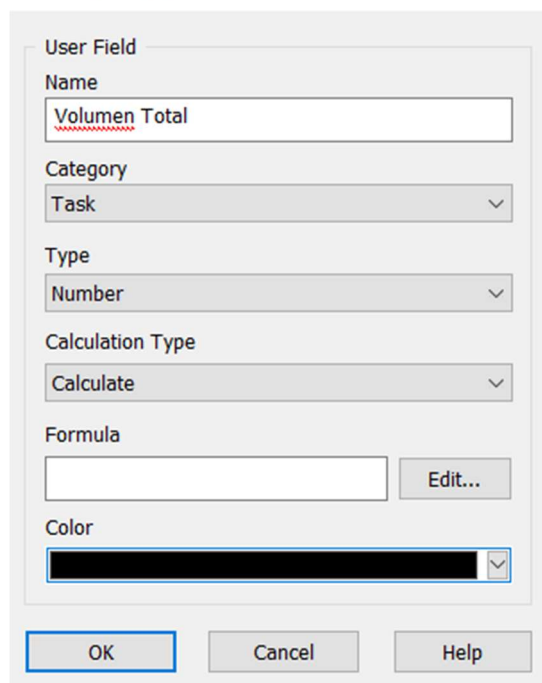
Esto permite conocer el volumen de cada elemento. Sin embargo, en el cálculo de rendimientos por mano de obra por tarea es necesario conocer el volumen total de los recursos asignados a cada tarea. Para ello se debe crear un campo de usuario que calcule la suma de los volúmenes de los recursos asignados.

Abra la ventana **User Fields** y agregue un nuevo campo de usuario seleccionando **Add**. En la ventana de dialogo, agregue el nombre del campo de usuario.

Establezca la categoría en **Task**, dado que el campo de usuario estará asignado a una tarea y el tipo como un número, dado que este será el resultado del campo de usuario.

Para tipo de cálculo seleccione **Calculate** ya que se calculará el volumen a partir de una formula.

Add User Field



The 'Add User Field' dialog box contains the following fields and controls:

- User Field** section:
 - Name:** A text box containing 'Volumen Total'.
 - Category:** A dropdown menu with 'Task' selected.
 - Type:** A dropdown menu with 'Number' selected.
 - Calculation Type:** A dropdown menu with 'Calculate' selected.
 - Formula:** An empty text box next to an 'Edit...' button.
 - Color:** A color selection bar showing black.
- Buttons at the bottom: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

En **Formula** seleccione **Edit**.

En la ventana seleccione en **Analysis** la opción **SUM** para la suma de elementos.

En la sección **Resources User Fields** seleccione **Volume** para obtener el campo de usuario Volumen de los recursos. Con lo cual se creará la formula.



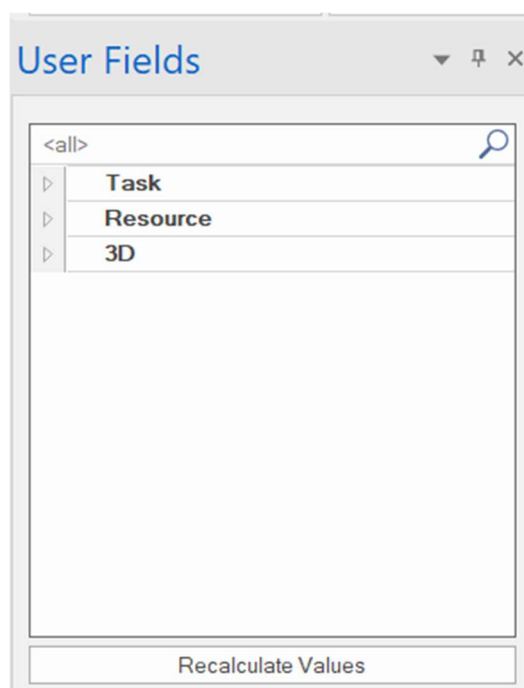
The 'Formula' dialog box shows the following:

- Tab: 'Insert'.
- Formula text: `SUM(RESOURCE.UFV("Volume"))`.

Una vez creado el campo de usuario seleccione las tareas correspondientes en el diagrama de Gantt.

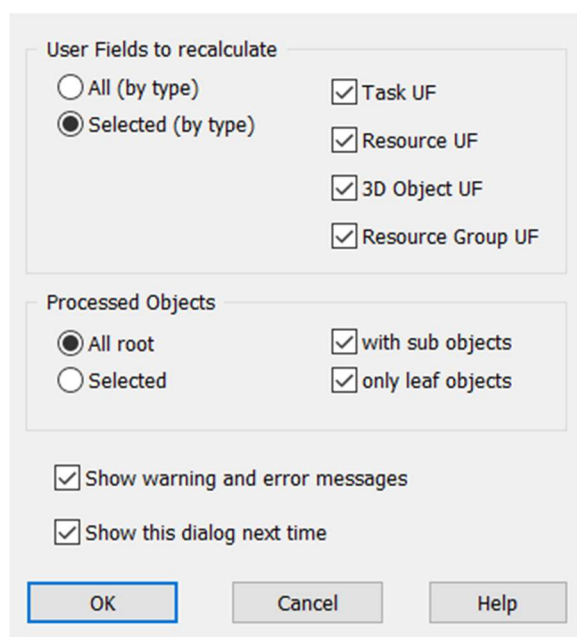
Haga clic derecho en la ventana **User Fields** y seleccione **Assign to Selected**.

Asimismo, en la ventana **User Fields** seleccione **Recalculate Values**.



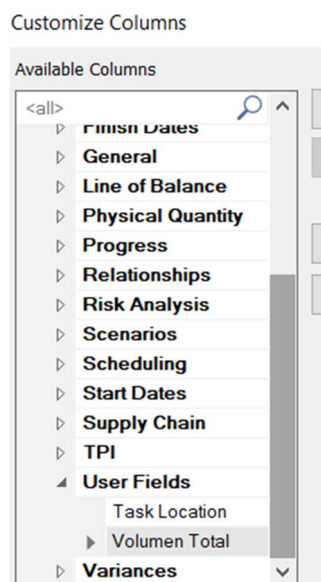
Con ello se abrirá una ventana de dialogo.

Recalculate User Field Values



En la sección **Processed Objects** habilite las casillas **with sub objects** y **only leaf objects**.

Haga clic derecho en el encabezado de la lista de tareas y seleccione **Customize Columns** y en la sección **User Fields** seleccione el campo de usuario creado.



En la columna **Volumen Total** se mostrará la suma del volumen de los recursos asignados.

ID	Name	Duration	Physical Quantity	Volumen Total	Physical Quantity Unit
CP23	Losas	6M, 3d		0.00	
CP24	Contrapiso Sotano	1w, 3d	14.00	50.42	Cubic meter
CP25	Contrapiso 1	1w	9.00	51.45	Cubic meter
CP26	Entrepiso 1	1w, 1d	10.40	9.90	Cubic meter
CP27	Entrepiso 2	1w, 1d	11.60	11.08	Cubic meter
CP28	Entrepiso 3	1w	8.30	33.34	Cubic meter
CP29	Paredes	5M, 1w, 3d		0.00	
CP30	Paredes Sotano	2w, 3d	50.00	11.76	Sq meter
CP31	Paredes 1	1M, 4d	103.50	45.20	Sq meter
CP32	Paredes 2	1M, 3d	99.00	50.72	Sq meter
CP33	Vigas	4M, 4w, 1d		0.00	
CP34	Vigas Sotano	0d	0.00	0.00	Cubic meter
CP35	Vigas 1	1d	0.75	2.20	Cubic meter
CP36	Vigas 2	3d	3.80	7.38	Cubic meter
CP37	Piscina	1M, 3d		0.00	
CP38	Losa	2w, 4d	24.00	14.17	Cubic meter
CP39	Paredes	2w	41.40	7.53	Sq meter

Corrija la cantidad física de cada tarea en la columna **Physical Quantity**.

Nota. Este procedimiento se puede realizar para otros parámetros, como el área, seleccionando en la formula el campo de usuario de respectivo.

6. Agrupar y subdividir objetos 3D

En Synchro Pro se puede dividir los elementos del modelo en subpartes, las cuales se pueden seleccionar y asignar a diferentes tareas, con el objetivo de crear un cronograma acertado. Esto puede usarse para dividir elementos del modelo sin tener que pedirle al modelador realice los cambios.

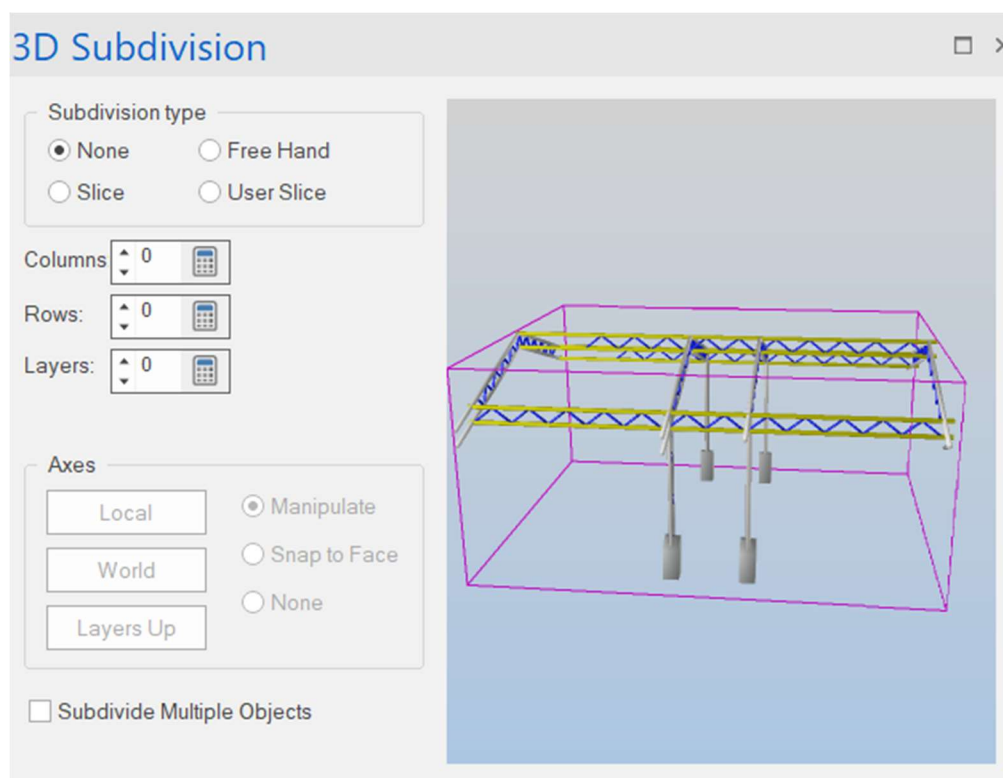
Hay 3 tipos de subdivisión Slice, User Slice y Free Hand.

6.1. Slice

El elemento por subdividir lo hace en planos ortogonales uniformes, definiendo el número de columnas, filas o capas.

En el panel **Edit** de la cinta **3D**, haga clic en **Subdivide**, aparece una ventana flotante.

Seleccione el elemento en la ventana 3D con ayuda de los Filtros 3D. El elemento se mostrará en la ventana de 3D Subdivision.



En el cuadro **Subdivision type**, seleccione **Slice**.

Ingrese el número de cortes de columnas, filas o capas según desee.

Seguidamente, seleccione **World** para que las capas estén hacia arriba.

Cierre la ventana. Haga clic con el botón izquierdo en la ventana 3D y presione Esc en el teclado.

6.2. User Slice

La división de usuario permite dividir en planos ortogonales (columnas, filas y capas) no uniformes. El tamaño de cada sector se define como una proporción, de modo que los sectores pueden redimensionarse utilizando los manipuladores de la ventana de vista previa.

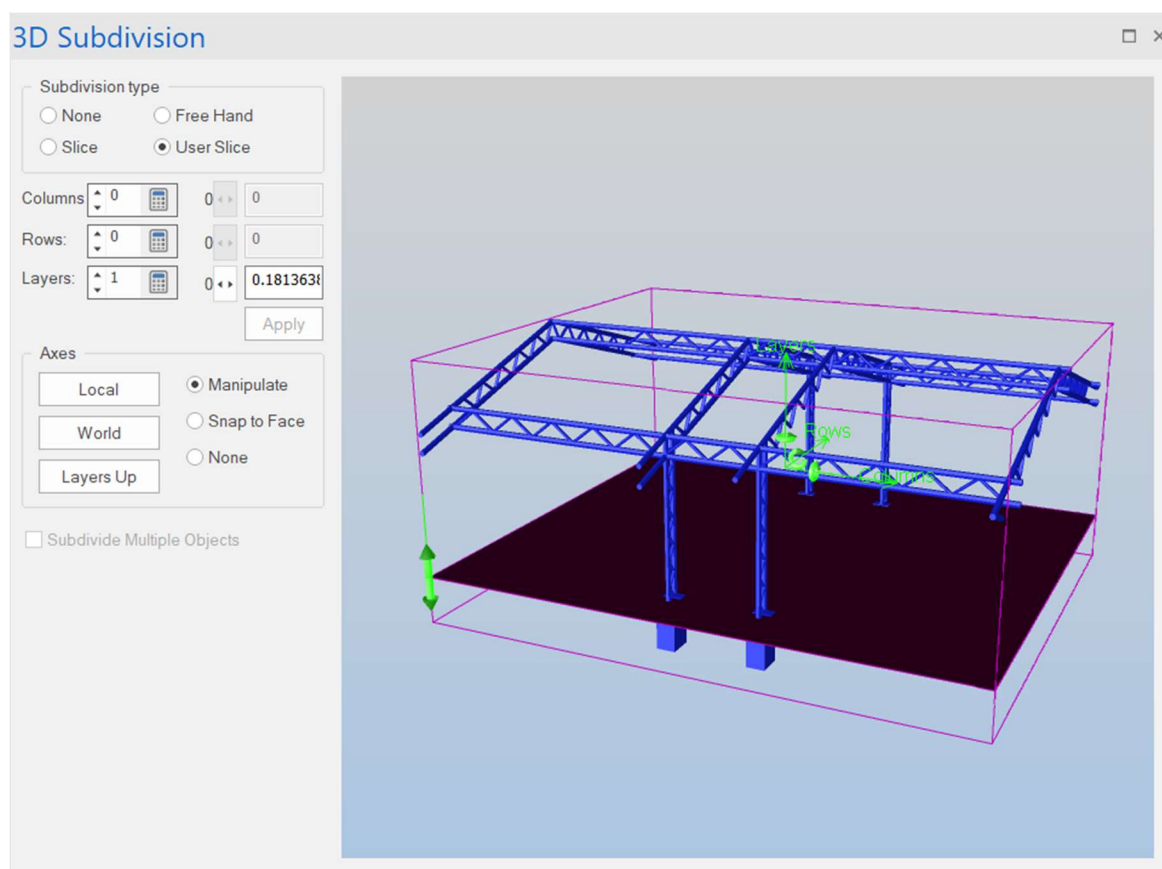
En el cuadro **Subdivision type**, seleccione **User Slice**

Ingrese el número de cortes de columnas, filas o capas según desee.

Seleccione **World**.

Ajuste con el manipulador de flecha en la vista previa del elemento la sección de corte que desea o indique al lado del número de cortes la cifra o porcentaje de sección.

Cierre la ventana. Luego, haga clic con el botón izquierdo en la ventana 3D y presione Esc en el teclado.



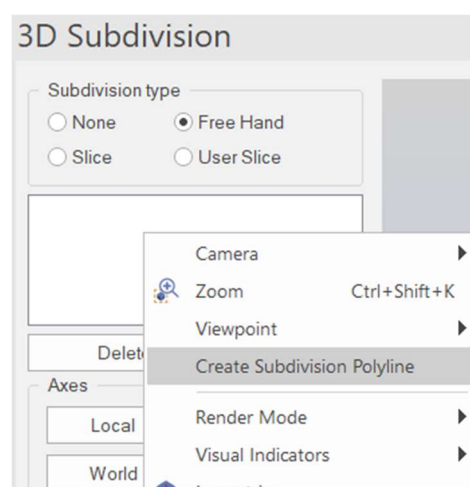
6.3. Freehand

En Manos libres los planos de subdivisión se definen por el usuario mediante polilíneas, lo cual se puede utilizar para dividir objetos en formas irregulares.

En el cuadro **Subdivision type**, seleccione **Freehand**.

Seleccione **World** y **Snap on Face** en el cuadro de **Axes**. Con ello haga clic con el botón izquierdo, en la ventana de subdivisión 3D, en la cara en la que va a dibujar el corte.

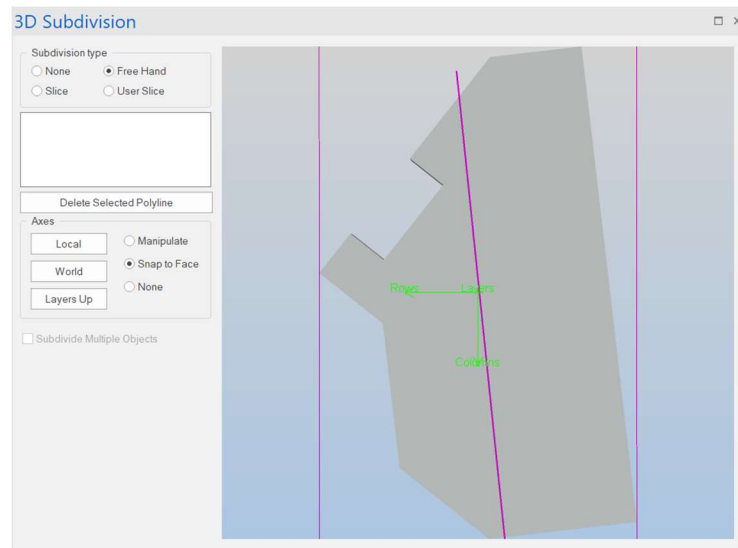
Haga clic derecho en la ventana de subdivisión 3D y seleccione **Create Subdivision polyline**.



Haga clic en la cara del **View cube** que resulte conveniente para una mejor visualización o haga clic derecho en la ventana, seleccione en **Viewpoint** la vista.

Haga clic izquierdo en un borde para comenzar la polilínea, y luego continúe haciendo clic izquierdo dentro de la losa para agregar vértices.

Finalmente haga clic izquierdo en un borde para terminar la polilínea

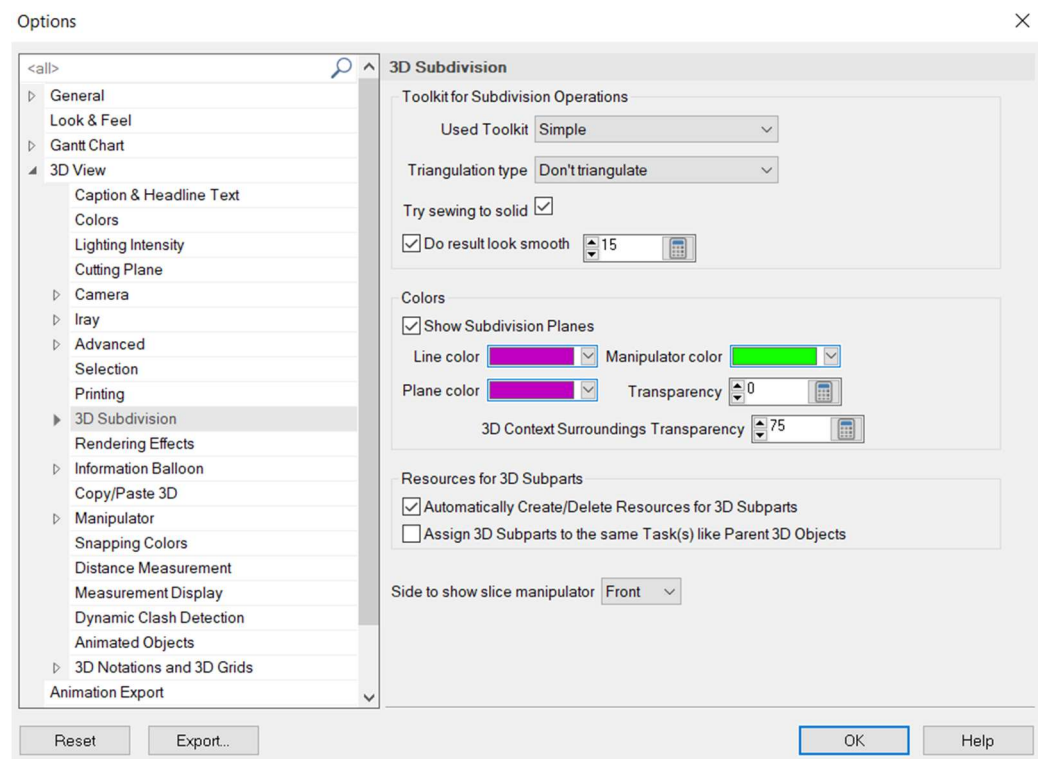


Si al realizar la subdivisión de los elementos estos desaparecen o no realizan la división, se debe corregir la configuración. Para ello:

Seleccione **Options** en la pestaña **Configure**.

En la pestaña **3D View** encontrara una sección llamada **3D Subdivision**.

En el cuadro **Toolkit for Subdivision Operations**, en la opción **Used Toolkit** seleccione en el menú desplegable **Simple**.

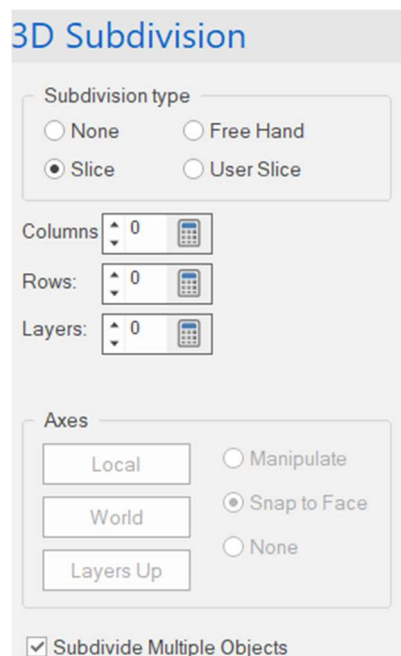


Realice la subdivisión nuevamente, de modo que al ingresar a la ventana 3D elimine la polilínea realizada en **Remove Selected Polyline**. Luego, realice los pasos descritos anteriormente.

6.4. Subdividir diversos elementos

Con el uso de **3D Filters** oculte todos los objetos que dificulten la visualización de los elementos que desea subdividir.

En la ventana **3D Subdivision**, seleccione el tipo de subdivisión y active **Subdivide Multiple Objects**.



Desde **Subdivision Type**, seleccione **Slice**.

Ingrese el número de cortes de columnas, filas o capas.

En el cuadro Axes seleccione Layers Up o World según corresponda.

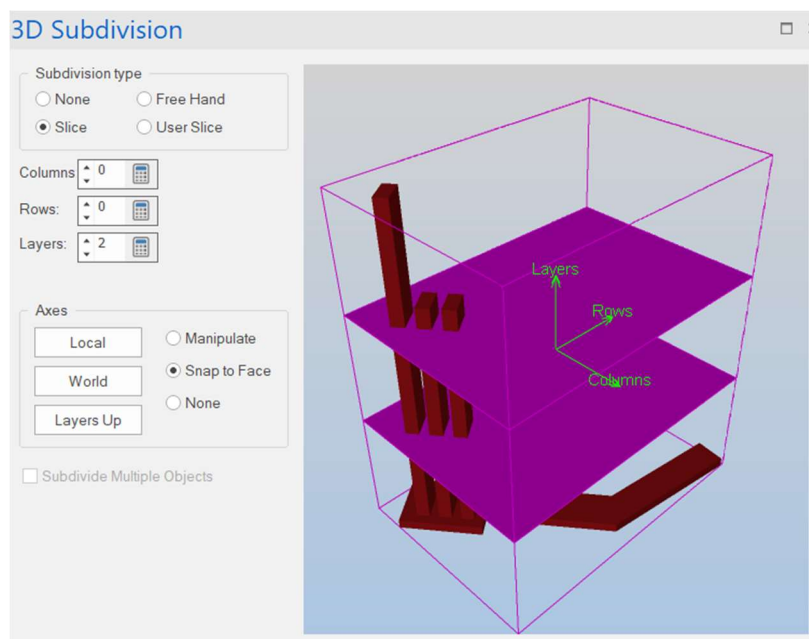
6.5. Editar subdivisiones

Desde la pestaña **3D**, en el panel **Edit**, seleccione **Subdivide**.

Seleccione el elemento por editar y con ello seleccione las subdivisiones de este la ventana 3D.

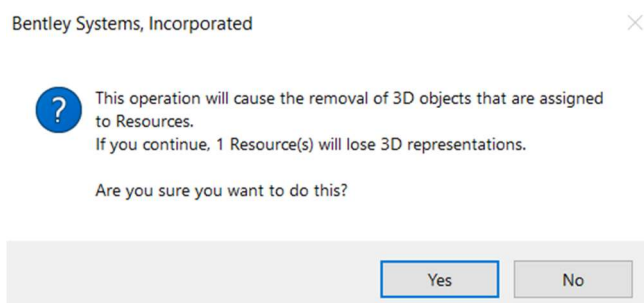
Haga clic en **Select Subdivided Object** para seleccionar todo el objeto original.

Edite, agregue o elimine las divisiones según desee.



Si selecciona **None** para **Subdivison Type**, se eliminarán todas las divisiones si es necesario.

Si disminuye el número de filas, columnas o capas, se le presentará una advertencia.



Si desea eliminar la subdivisión, presione **Sí**. Se eliminarán todas las subdivisiones existentes y se eliminarán y desasignarán los recursos 3D asociados de cualquier tarea que pueda haberlos utilizado.

Si se agregaron o eliminaron subdivisiones, necesitaría asignar las subdivisiones a las tareas.

7. Emparejamiento automático

La función Auto-Matching en Synchro facilita el asignar recursos a tareas, esto permitiendo el uso de filtros y reglas de búsqueda, en conjunto con los campos de usuario, nombres de tareas, comentarios, o códigos de actividad.

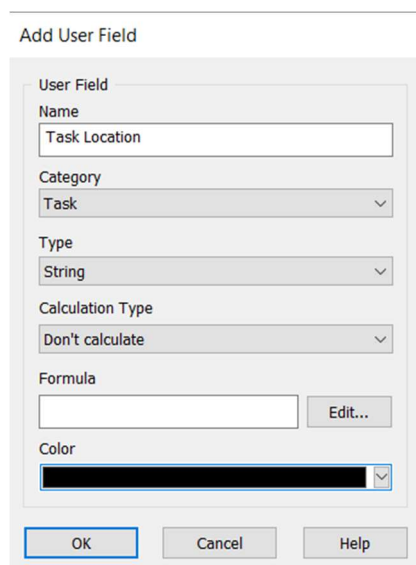
7.1. Campos de usuario para el emparejamiento automático

Para asignar tareas de manera automática se debe crear un campo de usuario para las tareas de modo que coincidan con el campo de usuario existente de ciertos recursos.

Abra la ventana **User Fields** y agregue un nuevo campo de usuario seleccionando **Add**.

En la ventana de dialogo, agregue el nombre del campo de usuario como **Localización**.

Establezca la categoría en **Task**, dado que el campo de usuario estará asignado a una tarea y el tipo como una cadena. Para tipo de cálculo seleccione **Don't calculate**.



Seleccione las tareas por editar.

Haga clic derecho en el encabezado de la lista de tareas y seleccione **Customize Columns** y en la sección **User Fields** seleccione el campo de usuario creado.

Haga clic izquierdo en la celda de la columna **Task Location** de la tarea y escriba el nombre de la ubicación.

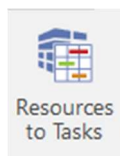
7.2. Reglas de emparejamiento automático

Las reglas de coincidencia automática permiten asignar múltiples recursos 3D a las tareas apropiadas haciendo coincidir los valores según los campos de usuario.

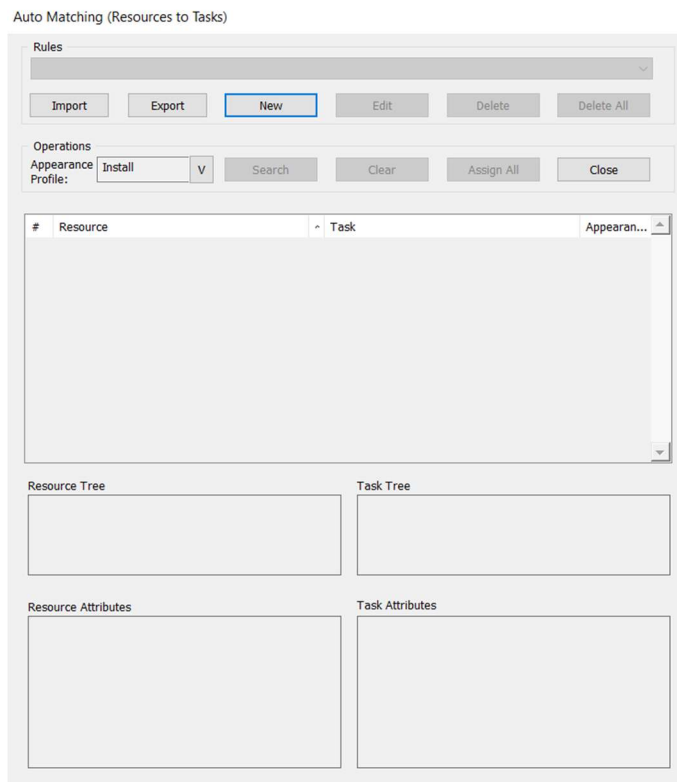
Seleccione todos los recursos que se muestran en la Vista 3D.

Haga clic izquierdo en la o las tareas por editar.

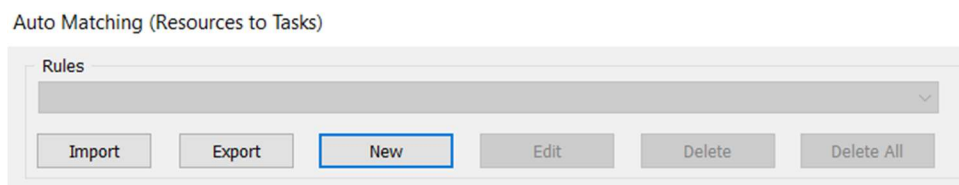
En la pestaña **Assign Resources**, en la cinta **Auto Matching** seleccione **Resources to Tasks**.



Con ello se abrirá el cuadro **Auto Matching**.

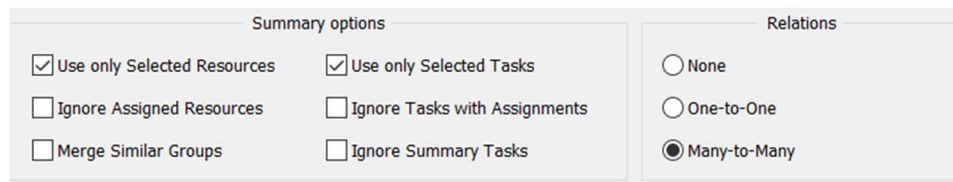


Seleccione **New** para agregar una nueva regla, con lo cual se modificará la ventana.



En la sección **Summary Options** habilite las casillas **Use only Selected Resources** y **Use only Selected Tasks** para usar solo los recursos y las tareas seleccionadas.

Asimismo, en la sección **Relations**, seleccione **Many-to-Many**, para asignar los recursos a las tareas.



The image shows two panels. The 'Summary options' panel has four checkboxes: 'Use only Selected Resources' (checked), 'Use only Selected Tasks' (checked), 'Ignore Assigned Resources' (unchecked), and 'Ignore Tasks with Assignments' (unchecked). The 'Relations' panel has three radio buttons: 'None' (unchecked), 'One-to-One' (unchecked), and 'Many-to-Many' (checked).

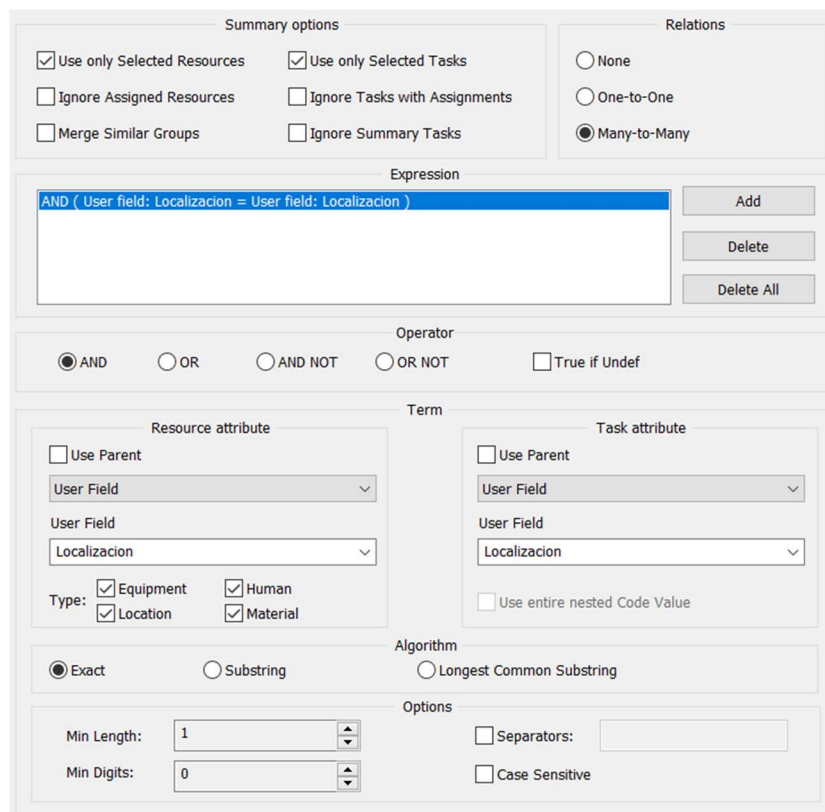
Seleccione **Add**.

Para definir los criterios de coincidencia de la regla seleccione en **Operator** la casilla **AND**.

Establezca en **Resource Attribute** los atributos de los recursos y en **Task Attribute** los atributos de las tareas, considerando los campos de usuario, en este caso el campo de usuario **Localización**.

Seleccione en **Algorithm** la casilla de **Exact** para la coincidencia entre la tarea y los campos de usuario.

Presione **Save** al lado del cuadro **Expression**. Con ello seleccione **OK**.



The image shows the full configuration dialog. The 'Summary options' and 'Relations' panels are at the top. Below them is the 'Expression' panel with a text box containing 'AND (User field: Localizacion = User field: Localizacion)' and buttons for 'Add', 'Delete', and 'Delete All'. The 'Operator' panel has radio buttons for 'AND' (selected), 'OR', 'AND NOT', and 'OR NOT', and a checkbox for 'True if Undef'. The 'Term' panel has two sections: 'Resource attribute' and 'Task attribute'. Both sections have a 'Use Parent' checkbox, a 'User Field' dropdown, and a 'Localization' dropdown. The 'Resource attribute' section also has a 'Type' section with checkboxes for 'Equipment', 'Human', 'Location', and 'Material'. The 'Algorithm' panel has radio buttons for 'Exact' (selected) and 'Substring', and a checkbox for 'Longest Common Substring'. The 'Options' panel has a 'Min Length' spinner set to 1, a 'Min Digits' spinner set to 0, a 'Separators' text box, and a 'Case Sensitive' checkbox.

7.3. Emparejamiento automático de recursos 3D a tareas

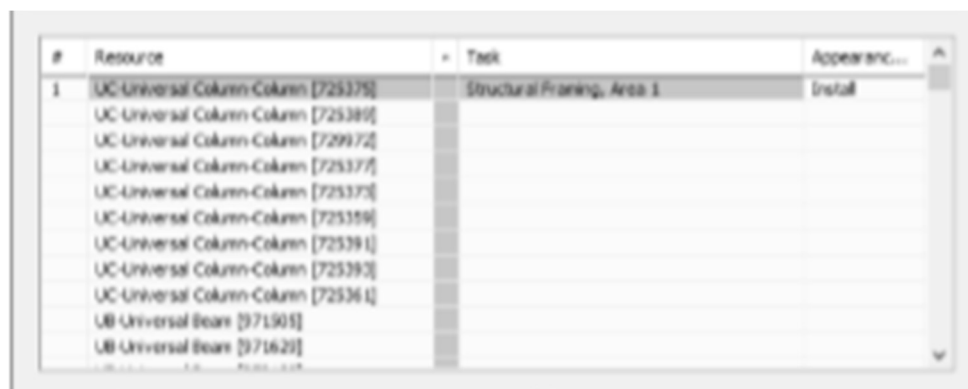
Una vez establecida la regla de coincidencia se procede a su ejecución.

En la ventana de **Auto Matching (Resources to Tasks)** seleccione la tarea en el menú **Rules**.

En la sección de **Operations**, en **Appearance Profile** seleccione el perfil de apariencia deseado para la tarea.

Seleccione **Search** para mostrar los resultados de coincidencia automática.

Seleccione un elemento de las columnas **Resource** y **Task**.



#	Resource	Task	Appearanc...
1	UC-Universal Column-Column [725375]	Structural Framing, Area 1	Install
	UC-Universal Column-Column [725380]		
	UC-Universal Column-Column [729972]		
	UC-Universal Column-Column [725377]		
	UC-Universal Column-Column [725373]		
	UC-Universal Column-Column [725359]		
	UC-Universal Column-Column [725391]		
	UC-Universal Column-Column [725393]		
	UC-Universal Column-Column [725361]		
	UB-Universal Beam [971901]		
	UB-Universal Beam [971629]		

Para confirmar sus resultados, asegúrese de que los resultados de los campos de usuario, en la sección **User Field** y **Task Location** en la ventana **Resource Attributes y Task Attributes** sean equivalentes.

Seleccione **Assign All**, con lo cual se mostrará una ventana de dialogo mencionando el estado de la operación.

8. Importar y editar equipos

Synchro permite visualizar los equipos de construcción en el proyecto de modo que se pueda simular el movimiento o las rutas de los equipos en el sitio. El programa permite importar modelos como grúas, excavadoras, vagonetas, camiones, entre otros.

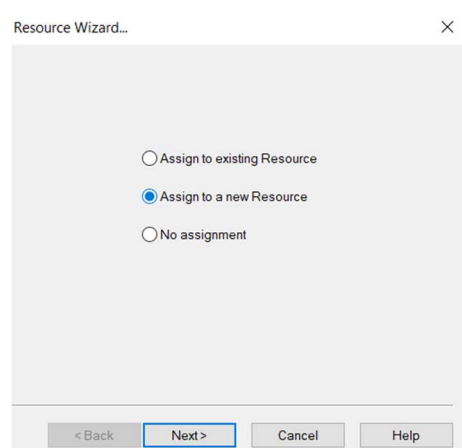
Synchro tiene una biblioteca de archivos de modelos de equipos descargables de forma gratuita. Para ello haga clic en el icono de la biblioteca de equipos **Equipment Library** en la pantalla **Support screen**.

Así mismo, se pueden importar modelos propios.

Seleccione la pestaña **File**, en la opción **Import**, haga clic en **3D** y para localice el modelo.

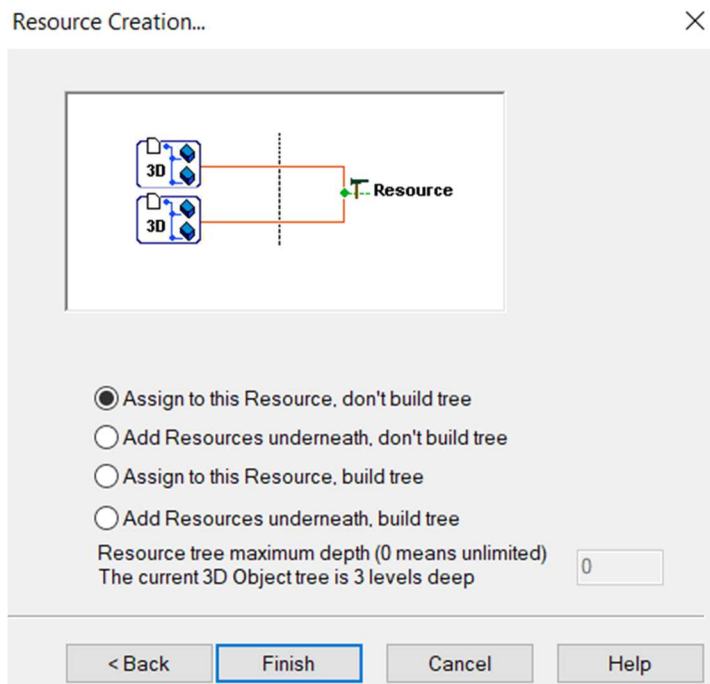
Seleccione los equipos y seleccione **Open**, luego **Import**.

Asigne el equipo a un nuevo recurso en **Assign to a new Resource**.



Cambie el nombre a su gusto y establezca el tipo de recurso a Equipo (**Equipment**). Luego seleccione **Next**.

Seleccione **Add Resources underneath, don't build tree** y seleccione **Finish**.



Los modelos de equipos se importan a las coordenadas (0,0,0) y deben trasladarse a la ubicación correspondiente.

9. Rutas 3D

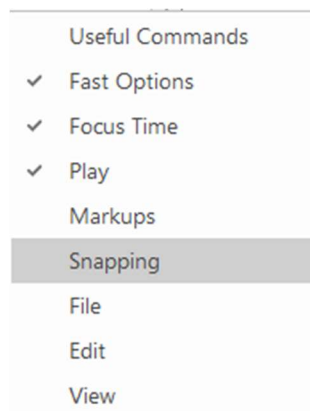
Las rutas 3D se crean para simular el movimiento de una pieza de equipo u otro objeto.

9.1. Crear ruta 3D

Seleccione la tarea por editar.

En la pestaña **Plan**, en el panel **Focus** y seleccione la opción **Center**.

Haciendo clic derecho en la barra de estado habilite la barra de herramientas **Snapping**.



Con lo cual aparece una barra de estado, en esta asegúrese de que **Enable Snapping** y **Snap to Face** sean las únicas opciones activadas.



Haga clic en la ventana 3D y presione Esc en el teclado para anular la selección de todos objetos.

En la pestaña **3D**, en el panel **3D Path**, en la opción **Create 3D Path**.

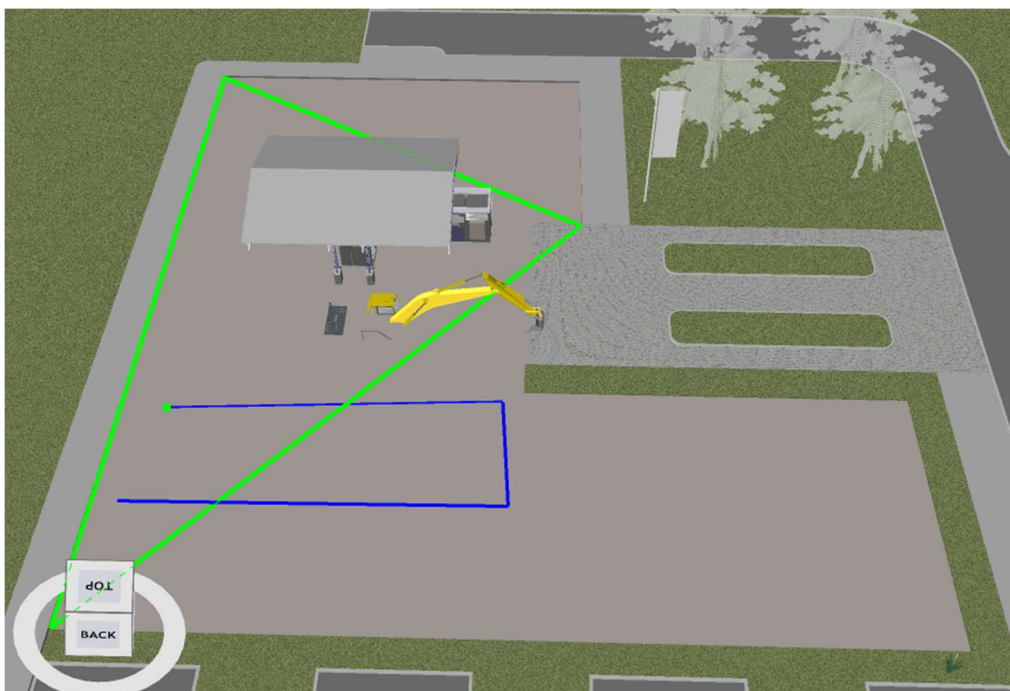


Al mover el cursor las caras de los objetos se delinearán en verde y un punto verde se previsualizará en los puntos donde puede iniciar a trazar la ruta.

Haga doble clic izquierdo para colocar el primer punto frente al equipo u objeto.

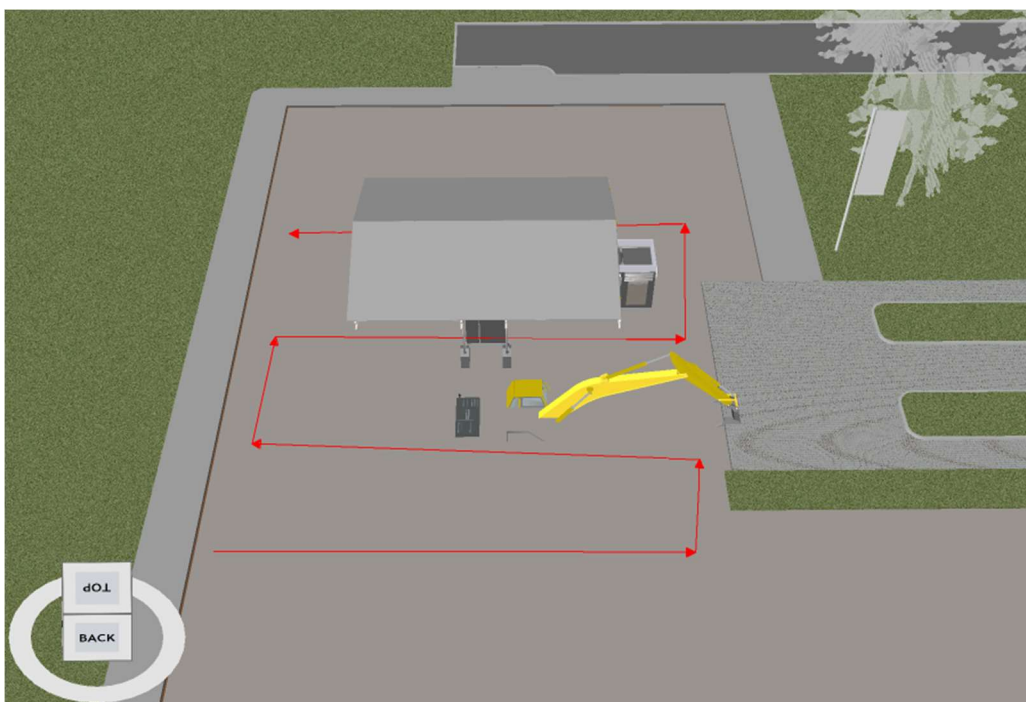
Haga doble clic izquierdo en los otros puntos del terreno, a medida que va colocando los puntos se trazara una línea azul indicando el camino.

Haga clic derecho para definir el último punto del camino.



Ingrese el nombre de ruta, y seleccione Ok.

Una vez finalizado, la ruta se mostrará en la ventana 3D y aparecerá en la ventana **Navigator**, en la opción **3D Paths**.

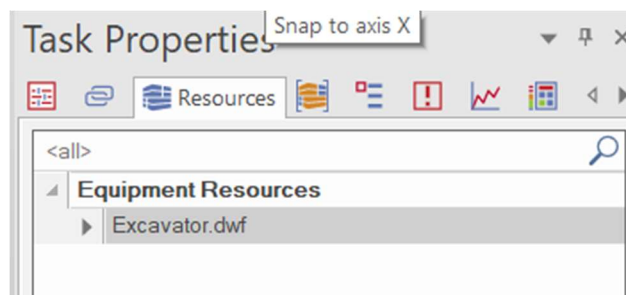


9.2. Asignar un recurso a la ruta 3D

Para mover un recurso a lo largo de la ruta se debe asociar este a la ruta y a una tarea.

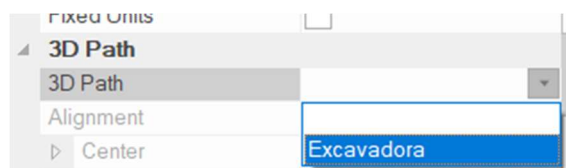
Seleccione el recurso en la vista 3D y asígnelo a la tarea correspondiente utilizando el Perfil de aspecto.

Seleccione la tarea y expanda **Resources** en **Task Properties**, en lo cual verá una lista de los recursos asignados a la tarea.

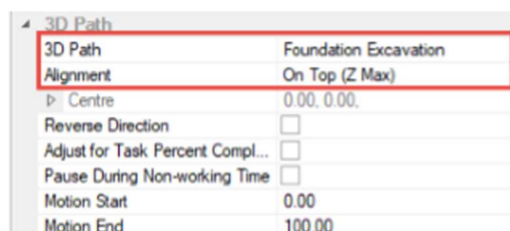


Para seleccionar un equipo expanda **Equipment Resources** y seleccione el recurso.

Desplácese hacia abajo en la pestaña **Task Properties**, en la opción **Resources** para ver el panel de **3D Path** y en la lista desplegable elija la ruta.



Cambie la Alineación en **Alignment** a **On Top (Z Máx)** para que el equipo se desplace por encima de la ruta.



Haga clic en la ventana 3D y presione Esc para anular la selección del recurso.

Arrastre el tiempo de enfoque a través de la tarea para ver el movimiento del recurso en la ruta.

Para una mejor visualización de la tarea, modifique la simulación de crecimiento o el camino para que el recurso y el elemento se muevan en conjunto.

9.3. Editar ruta 3D

Los puntos que definen la ruta 3D se establecen como **Keyframe**, los cuales estan asociados a las coordenadas del modelo.

- **3D Path Manipulator**

De manera rápida y visual puede editar la ruta con el manipulador **3D Path Manipulator**.

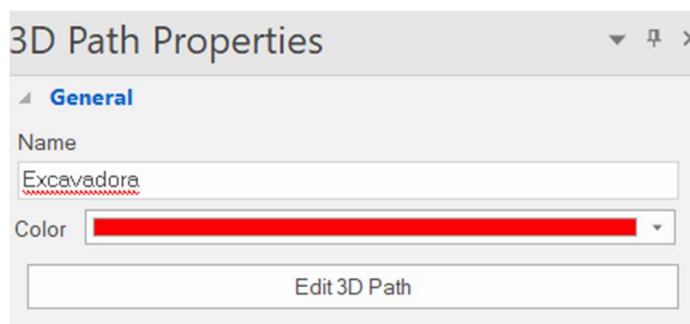
En la pestaña **3D Paths**, haga clic derecho en la ruta por editar y seleccione **Modify 3D Path** para modificar la ruta.



En la ventana 3D se mostrará un manipulador que puede arrastrar y que actualizará automáticamente las coordenadas de los Keyframes. Presione Esc en la Vista 3D para ocultar el **3D Path Manipulator**.

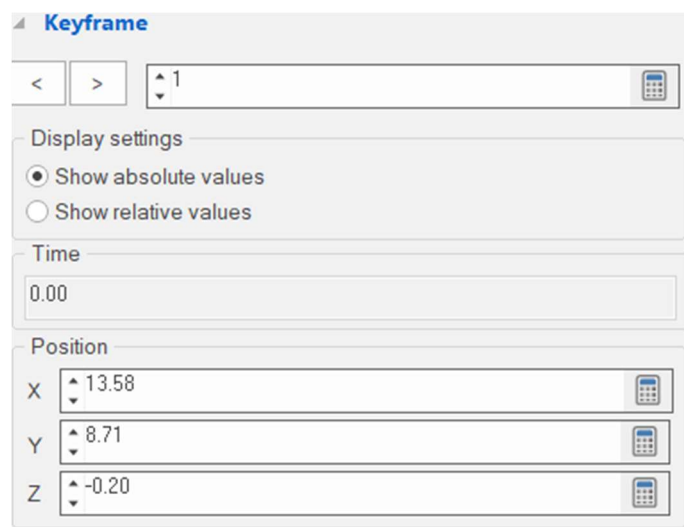
- **Coordenadas Keyframe**

En el panel **3D**, en el panel **3D Paths**, seleccione **3D Path Properties**, con lo cual se abrirá una ventana.



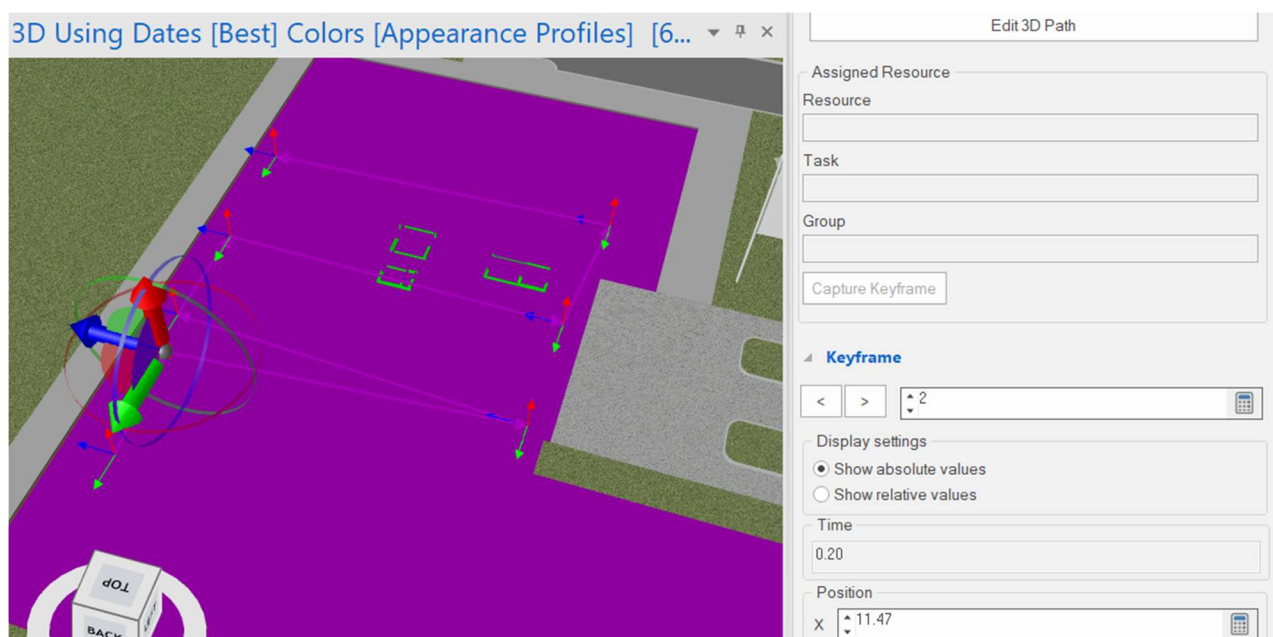
En la pestaña **General**, seleccione la ruta por editar.

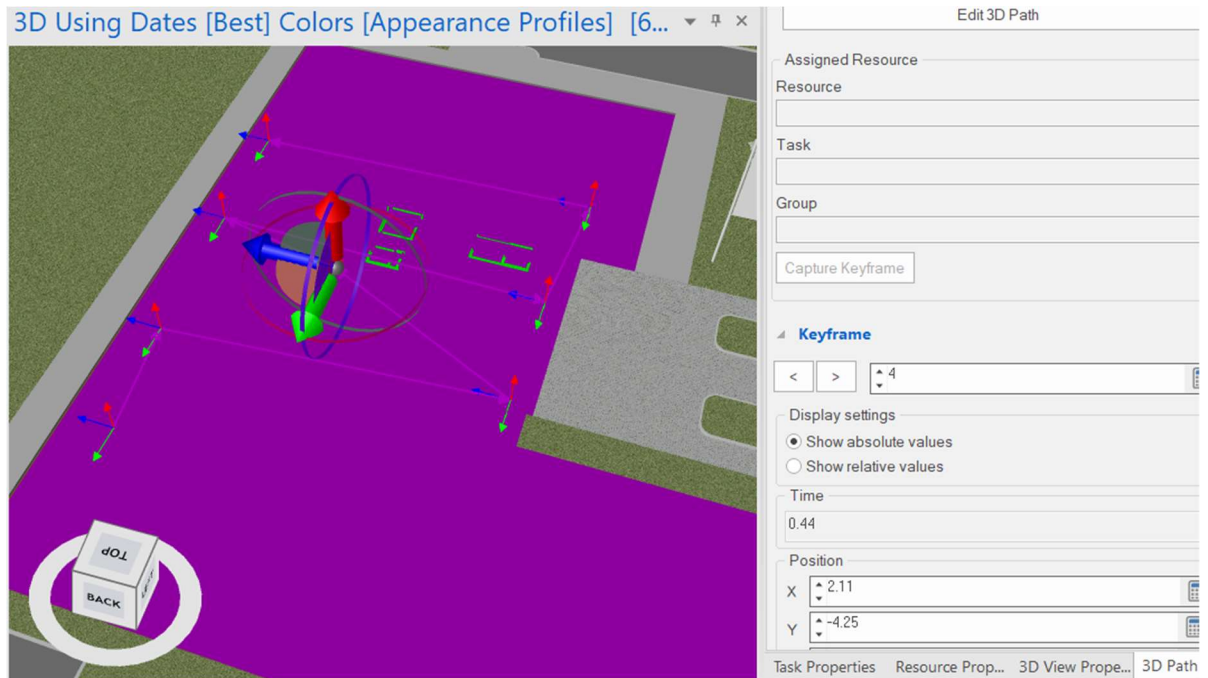
En la pestaña **Keyframe**, donde la numeración por indica la serie de puntos que componen la ruta, donde el Keyframe 1 describe el punto de inicio.



Asegúrese de que el Indicador de eje esté encendido haciendo clic derecho en la Vista 3D y seleccione **Visual Indicators** y **Axis Indicator**. Luego, en la pestaña 3D, en el panel **Display Setting** desactive la casilla de **View Cube Manipulator** para asegurarse de que está mirando los ejes.

Para cambiar el recurso de dirección es necesario cambiar los valores de los ejes X, Y y Z de los Keyframe o arrastrar el eje de coordenadas por la ruta 3D por cada Keyframe a editar.





Mueva el Tiempo de enfoque a través de la tarea para ver a la excavadora moverse a lo largo del camino editado.

Para ocultar los indicadores de ruta haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione en **Visual Indicators 3D** la opción **Paths 3D**.

10. Objetos 3D

Los objetos 3D se pueden manipular copiando y pegando, traduciendo, escalando y girando. Synchro Pro permite el control sobre la geometría al permitirle mover, rotar y escalar objetos 3D utilizando manipuladores.

10.1. Manipuladores

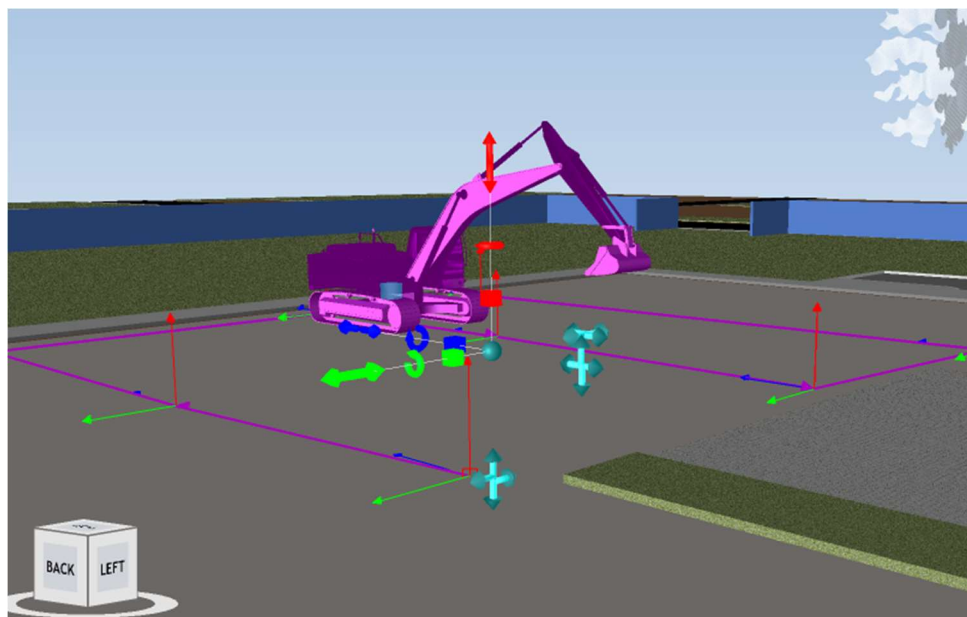
- Manipulador Simple

El Manipulador simple (Simple Manipulator) da la capacidad de mover los objetos de manera horizontal, vertical y lateral, y de rotar en los ejes X, Y o Z.

Seleccione la tarea, y luego seleccione en **Plan**, la opción **Focus, Center**.

Seleccione el recurso que desea mover en la vista 3D.

Haga clic derecho en la vista 3D, seleccione **Edit** y luego **Transform**, con lo cual aparecerá el manipulador **Simple Manipulator** en el elemento.



Desplace el cursor sobre la flecha que indica la dirección hacia la que desea mover el objeto hasta que crezca.

Haciendo clic izquierdo arrastre para mover o rotar el objeto a lo largo del eje.

Suelta el mouse para colocar el objeto.

Presione Esc en el teclado para salir del manipulador y deseleccionar el objeto.

Para editar el manipulador ingrese a la sección de **Options, 3D View**, en la sección de **Manipulador**.

- Manipulador Avanzado

El manipulador avanzado (**Advanced Manipulator**) contiene opciones para mover, rotar, así como opciones para escalar.

Seleccione el icono de mover o escalar según la función requerida con el botón izquierdo del mouse, luego mantenga presionado y mueva el mouse.



Escalar



Mover

Seleccione el recurso en la Vista 3D.

Haga clic derecho en la vista 3D y seleccione en **Edit, Transform** y seleccione la opción **Advanced Manipulator**.

Use el icono del eje o el manipulador del plano necesario para mover el recurso.

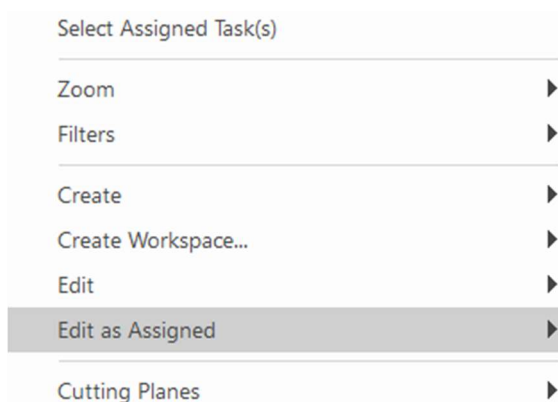
En la pestaña **3D Properties**, seleccione **Rotate** para rotar el recurso.

10.2. Editar Objetos asignados

Los manipuladores de edición se aplican a un objeto antes de ser asignado a una tarea. Después de que un objeto se haya asignado a una tarea, se puede mover usando los manipuladores **Edit as Assigned**. Estos permiten mover, rotar y escalar un objeto por separado para cada tarea a la que está asignado.

Seleccione el recurso, ya asignado a una tarea.

Seleccione el recurso, haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione la opción **Edit as Assigned**, en lo cual se mostrarán las tareas a las que está asignado el recurso.



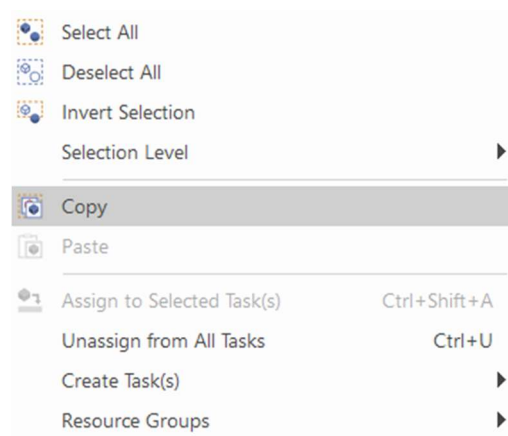
Seleccione en una de las tareas y en ello **Edit Resource (complex)**.

10.3. Copiar Objetos

Los recursos en Synchro se pueden copiar y pegar, esto sin importar si fueron creados en la herramienta o importados.

Seleccione los elementos que desea copiar.

Haga clic derecho en la vista 3D y seleccione **Copy** en el menú.



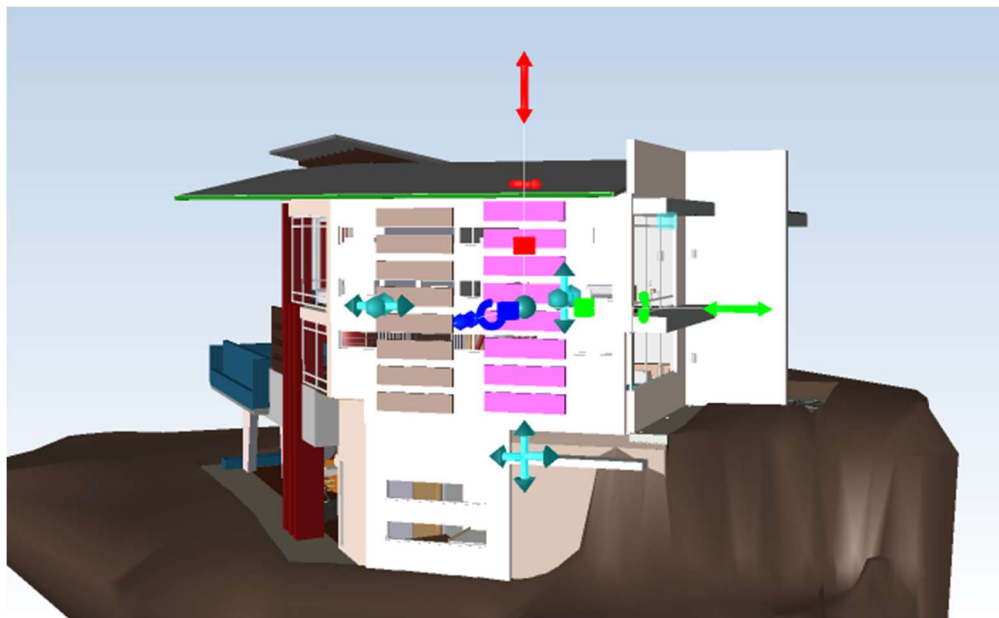
Haga clic derecho y seleccione **Paste**. El recurso copiado se creará en la misma ubicación del recurso original.

Para asignar un nuevo recurso recurra al **Resource Wizard** y seleccione **Assign to a new Resource**.

Cambie el nombre, el tipo de recurso y seleccione el modo que desea tratar el recurso.

Mueva el recurso a la nueva ubicación con el manipulador.

Asigne el perfil de apariencia que desea para el recurso.

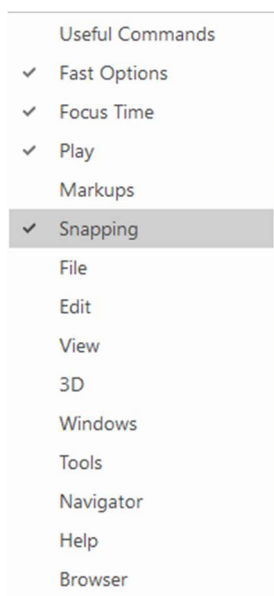


10.4. Crear Objetos

Synchro permite modelar objetos simples, como extrusiones, esferas o cilindros. Esto puede ser útil para realizar el diseño de sitio de acuerdo con la logística temporal.

Mueva el tiempo de enfoque al final del proyecto para que se muestren todos los objetos.

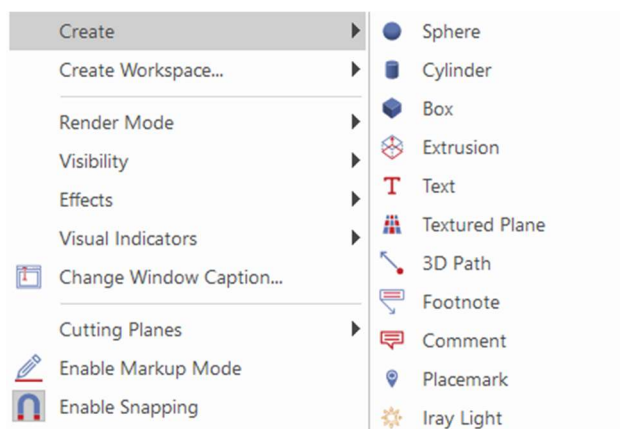
Haga clic derecho en la barra de herramientas y habilite la cinta **Snapping options** para se muestre en pantalla.



Active las funciones **Enable snapping** y **Snap to vertex**, y desactive las demás.

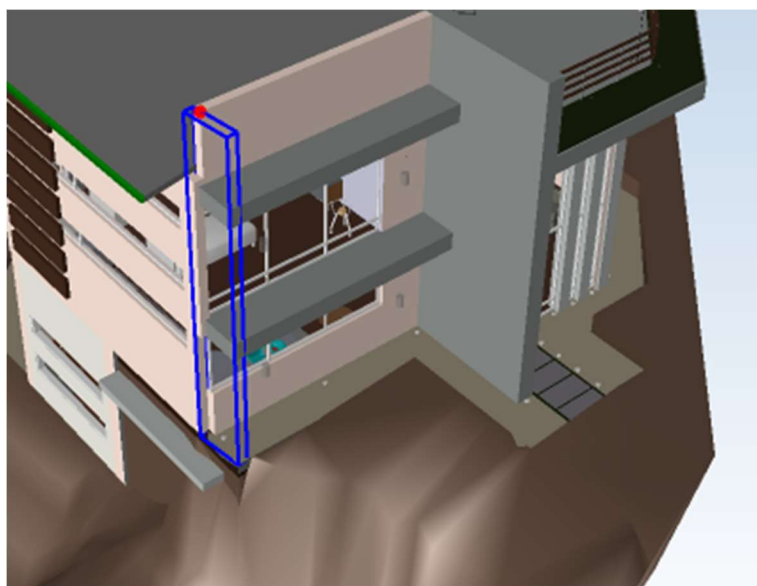


Haga clic derecho en la Vista 3D, seleccione **Create** y seleccione la figura que desea crear.



De ser una caja, diríjase a la ventana 3D, mueva el cursor a la esquina hasta que aparezca un marcador rojo y haga clic izquierdo para definir la primera esquina.

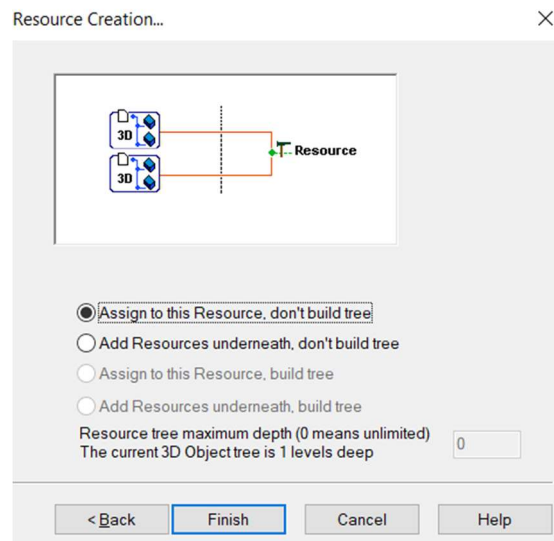
Mueva el cursor a la esquina opuesta hasta que aparezca el marcador rojo y haga clic izquierdo para definir el ancho y el largo, luego mueva el cursor hacia arriba para definir la altura.



Ingrese el nombre del objeto 3D.

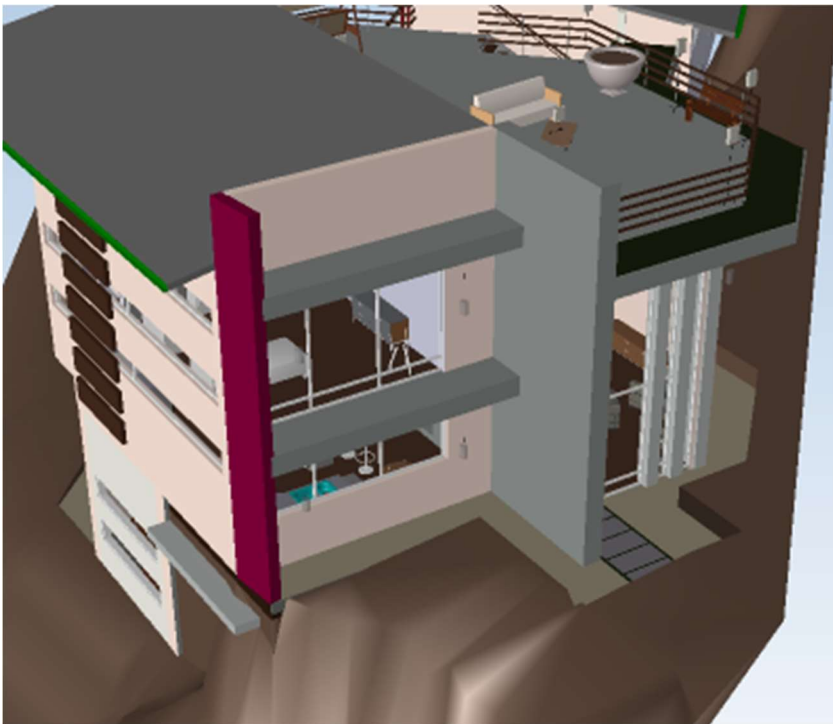
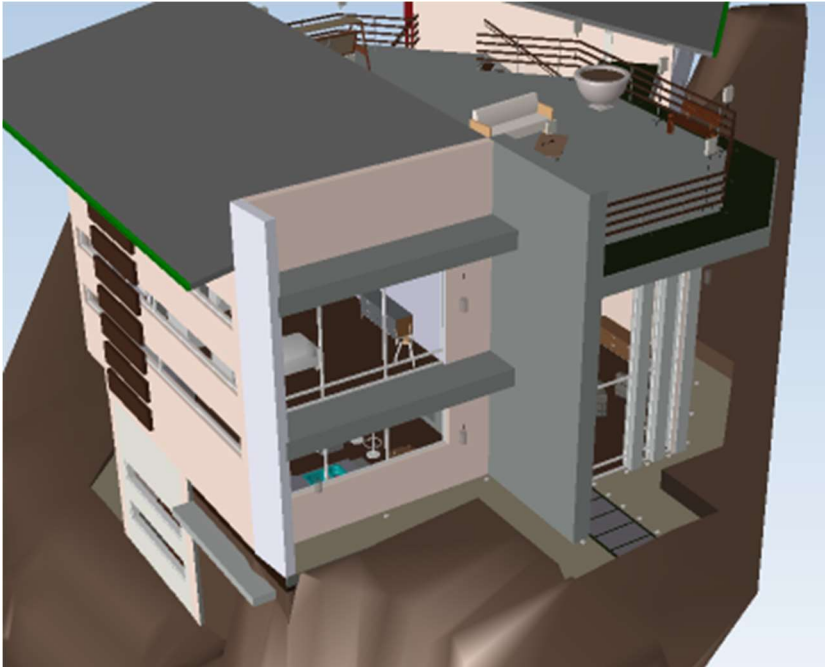
En la pantalla **Resource Wizard** y seleccione **Assign to a new Resource** e ingrese los detalles del recurso.

En la pantalla **Resource Creation**, seleccione **Assign to a new Resource, don't build tree**.



Seleccione **Finish**.

Edite el objeto haciendo clic derecho en la pantalla 3D y seleccione **Edit, Color**.



Seleccione el objeto y asígnelo a una tarea.

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO



Sincronización



1. Sincronizar modelos 3D

En Synchro los documentos importados pueden ser modificados al realizar la revisión del diseño o al realizar un cambio en el modelo o el cronograma fuera del software, esto por medio de la sincronización. Este proceso permite conservar los enlaces asignados y actualizar los cambios.

1.1. Optimizar la sincronización

Para retener los vínculos previamente establecidos entre el modelo actual y el cronograma del proyecto dentro de Synchro al sincronizar el archivo del modelo actualizado con el proyecto Synchro actual, el modelo actualizado debe estar preparado para acomodar las revisiones de diseño. Para obtener resultados óptimos, siga estas cuatro pautas.

En la vinculación de recursos a las tareas Synchro establece vínculos entre el modelo y el cronograma del proyecto, de modo que al sincronizar el archivo del modelo actualizado este debe estar preparado para adaptar las revisiones o los cambios.

Para obtener resultados óptimos Synchro recomienda seguir con las siguientes condiciones.

1. Exportar: todos los objetos que se importaron originalmente a Synchro deberán exportarse desde el sistema CAD nuevamente. Cualquier objeto que se elimine en el archivo CAD actualizado se eliminará en la sincronización.

2. Importar: todos los objetos nuevos se importarán cuando se sincronice, pero deberán asignarse a tareas.

3. GUID: todos los datos 3D modificados deben tener el mismo nombre y número de ID se reconozca como un mismo elemento y conserve su asignación. Al eliminar y volver se crear un objeto, se le asignaría una nuevo ID, lo que hace imposible sincronizar con el objeto original, por lo que en este caso se recomienda cambiar la geometría del objeto.

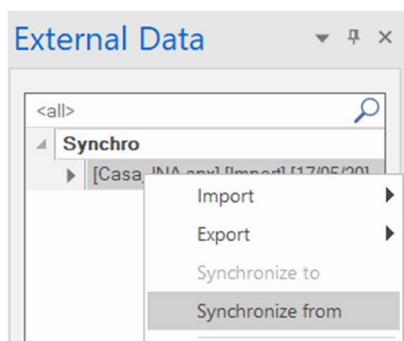
4. Nombre del archivo: puede exportar los archivos actualizados con cualquier nombre de archivo, los modelos originales y revisados no necesitan tener el mismo nombre para la sincronización.

1.2. Sincronización de modelos 3D

Para comenzar la sincronización, en la pestaña **Navigator**, en el panel **Project Data**, seleccione **External Data**.

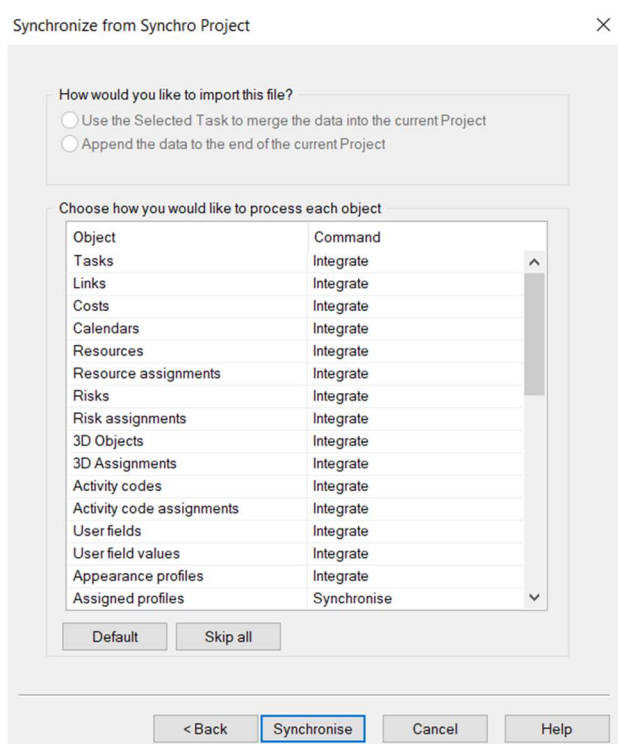


Haga clic derecho en el nombre del archivo y seleccione **Synchronise From**.



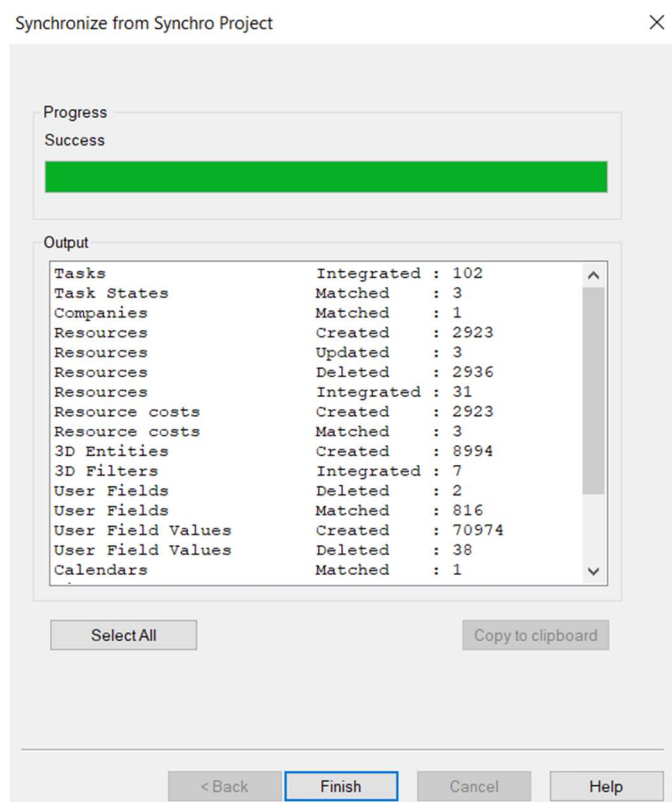
Busque el archivo actualizado y ábralo.

En el proceso de sincronización del modelo 3D actualizado se presentará la misma configuración del archivo original. En este se le pedirá que elija los comandos de sincronización.



Seleccione el **Synchronise** para sincronizar los archivos.

En el proceso de sincronización se creará un informe que resume los cambios realizados. En este se detalla el número de objetos 3D, la cantidad de objetos asignados o eliminados, así como que se detalla si hay recursos que han perdido su representación.



Seguidamente se mostrarán los cambios realizados.

Seleccione **Finish** para finalizar.

1.3. Identificación de cambios en objetos 3D

Una vez finalizado el proceso de sincronización, se muestran los cambios realizados.

NOTA: Cuando un objeto 3D se elimina tras la sincronización, el objeto se elimina de cualquier tarea que se le haya asignado.

Arrastre el tiempo de enfoque al inicio del proyecto.

Haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione **Zoom, Zoom All**.

De haber cambios en los archivos vera diversos objetos que se agregaron durante la sincronización que deben asignarse a tareas. Así como, con los objetos que perdieron sus asignaciones de recursos.

2. Sincronización del cronograma

Synchro como parte de la sincronización permite sincronizar el proyecto desde una programación actualizada, esto sabiendo que posee la capacidad de incorporar actualizaciones de una programación externa y ver los cambios en el modelo 4D.

2.1. Líneas base en el cronograma

Como parte de la revisión del cronograma Synchro permite crear líneas de base, y con ello comparar diferentes cronogramas, esto antes de sincronizar la programación actualizada. La línea de base guarda las fechas y duraciones para todas las tareas seleccionadas.

Después de crear una línea de base, se puede mostrar en el diagrama de Gantt en un color separado. Además, las fechas de inicio de línea de base y final de línea de base se pueden ver en la lista de tareas.

Antes de crear la línea de base calcule el camino crítico, seleccionando la opción **Compute Critical Path** en la pestaña **Plan**.

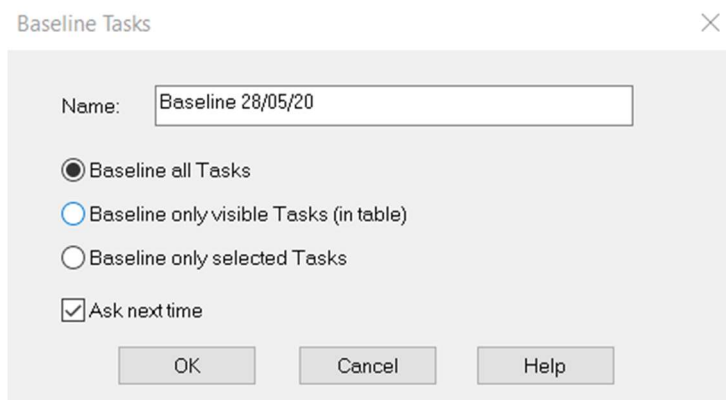
Para crear una línea de base para una parte del cronograma primero debe seleccionar las tareas.

Para crear una línea de base para todo el cronograma haga clic derecho en la Lista de tareas y seleccione **Select All**. En el cuadro de diálogo seleccione **Select all Tasks**.

En la pestaña **Plan**, en la cinta **Baseline** seleccione **Baseline Tasks**.



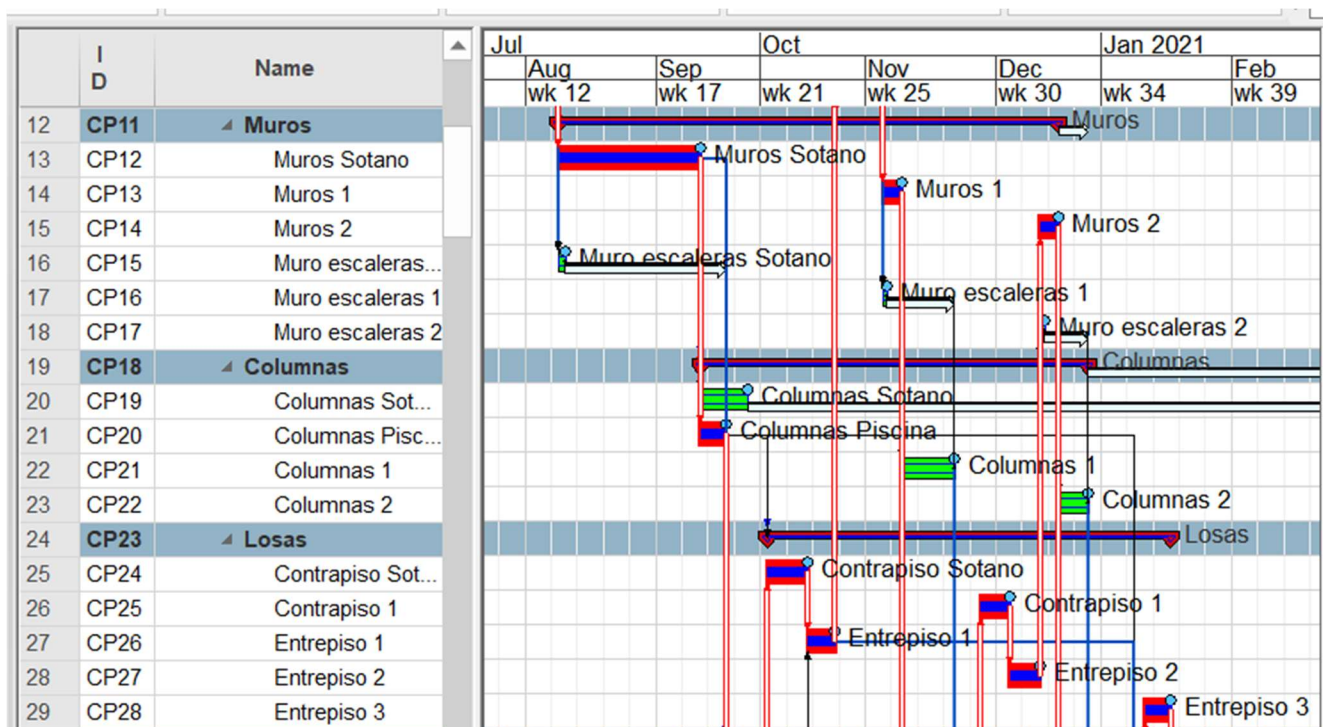
Con ello se abrirá una ventana.



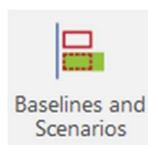
Cambie el nombre de la línea de base y seleccione las tareas por editar.

Nota. De no haber calculado el camino crítico se mostrará un cuadro de dialogo mencionando que el camino critico no está a la fecha, seleccione **Yes**.

Al crear la línea base se mostrará el Diagrama de Gantt con las tareas críticas en color rojo y azul, y las tareas no críticas en color verde, esto a modo de comparación entre los cronogramas. La línea de base está directamente sobre el cronograma actual, con tareas críticas en azul y las demás tareas con contorno azul.



En la pestaña **Plan**, en el panel **Baselines**, seleccione **Baselines and Scenarios**.



Con ello se abrirá una ventana con las líneas de base creadas, donde podrá editar, agregar y restaurar las líneas de base.

Para desactivar las líneas de base diríjase a la pestaña **Plan**, en la cinta **Display**, seleccione **Gantt Display Options**.

Gantt Display Options

Task Grouping

☒ WBS WBS Layout Colors

☐ Custom Grouping

☐ Activity Code

Bar Colors

☒ Task Status

☐ Task Supplier

☐ Activity Code Color

Show Links

On Screen

Indicators

☐ Spotlight	☒ Progress Labels
☐ Hidden Link Warnings	☒ Constraint Markers
☒ Non-working Time	☒ Resource Markers
☒ Planned Dates	☒ URL Markers
☒ Baselines	☒ Early Tasks Progress Line
☒ Upstream Floats	☒ Late Tasks Progress Line
☒ Downstream Floats	☒ Proposed Dates
☒ Task Names	☐ Late Dates

Apply OK Cancel Help

En la sección **Indicators** desactive la casilla **Baselines**.

2.2. Sincronización de programas

Al realizar los cambios o las actualizaciones de la programación en Microsoft Project se pueden importar usando la opción **Synchronise** desde **External Data**.

Haga clic derecho en el proyecto y seleccione **Synchronise From**.

Vaya a Programación del proyecto y seleccione **Open**.

Al sincronizar un programa, se le pedirá que elija los comandos de sincronización (Sincronizar, Consolidar, Integrar u Omitir)

NOTA: La descripción de estos comandos se muestra en la sección 2.3

En el proceso de sincronización, las nuevas tareas y enlaces agregados y los recursos creados se anularán con los cambios al usar **Sincronizar**; en cambio, al usar **Integrate** se combinarán actualizaciones del documento XML con nuevas tareas creadas en Synchro.

Seleccione el **Synchronise**.

El Informe de sincronización indica lo que se ha actualizado. Puede guardar este informe para referencia futura si lo desea seleccionando **Select All** y luego **Copy to Clipboard**.

Si las fechas del cronograma han sido modificadas, en el Diagrama de Gantt se mostrará con una línea de puntos color azul.

Selección F9 en el teclado para reprogramar manualmente las tareas que se crearon en la ventana **Rescheduling Options**.

En la opción **Baselines and Scenarios**, seleccione **Original Schedule** para visualizar el programa original en el diagrama de Gantt.

2.3. Comandos de sincronización

En el proceso de sincronización se presenta el cuadro Synchronise from Synchro Project donde se detallan los cambios entre los documentos, el original y el modificado, donde se debe decidir el proceso de acuerdo con los comandos Sincronizar, Consolidar, Integrar u Omitir.

- **Sincronizar**

La programación externa tiene prioridad sobre la programación de original en Synchro, por lo que la programación original se reemplazará por completo con la actualizada. Por lo que se dice:

- Los recursos agregados en el documento externo se agregarán a Synchro
- Los recursos borrados en el documento externo se borrarán a Synchro
- Los recursos modificados en el documento externo se modificarán en Synchro
- Los recursos agregados o editados en Synchro se borrarán

- **Consolidar**

Tanto la programación externa, como la original, seguirán presentes en Synchro. Con esa opción se combinarán los cronogramas, por lo cual nada será borrado. Con ello:

- Los recursos agregados en el documento externo se agregarán a Synchro
- Los recursos modificados en el documento externo se modificarán en Synchro
- Los recursos agregados o editados en Synchro se mantendrán

- **Integrar**

La programación externa tiene prioridad sobre la programación original para todos los atributos no creados originalmente. La programación original en Synchro agregara las modificaciones al cronograma, por lo que se anularán las modificaciones realizadas en la programación externa y cualquier adición al cronograma en Synchro se mantendrá.

- Los recursos agregados en Synchro se mantendrán
- Los recursos modificados en Synchro se borrarán
- Los recursos agregados en el documento externo se agregarán a Synchro
- Los recursos modificados en el documento externo se modificarán a Synchro
- Los recursos borrados en el documento externo se borrarán a Synchro

Nota. La opción de Integrar no está disponible para Microsoft Project XML.

- **Omitir**

Con la opción de Omitir, los recursos no se modificarán, ni se actualizarán.

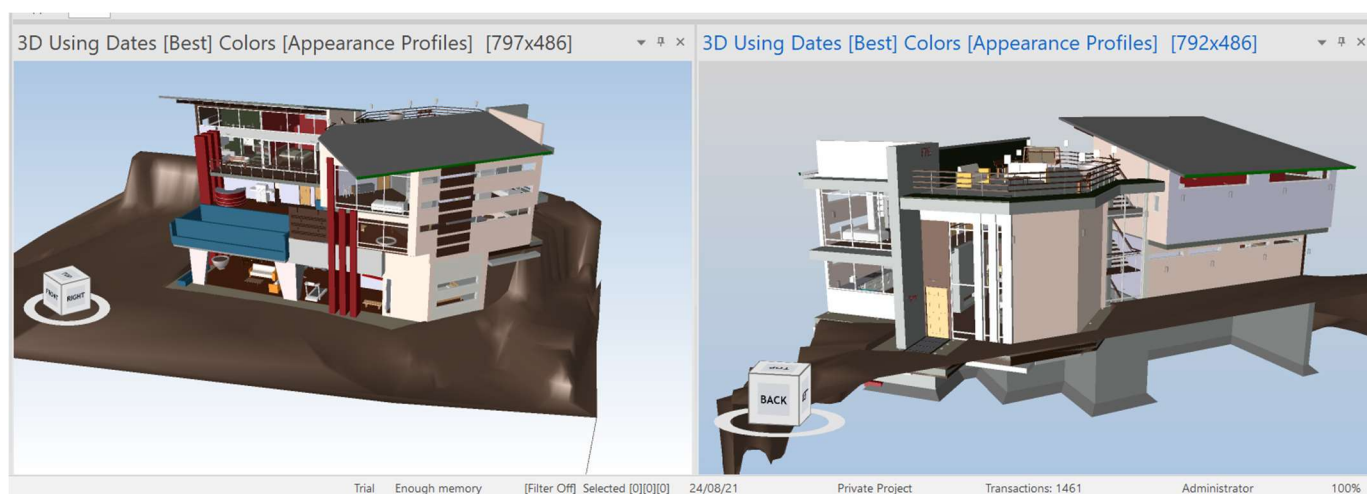
2.4. Líneas base en la vista 3D

La línea de base permite ver los cambios del cronograma actualizado tanto en el diagrama de Gantt, como en las ventanas 3D. Cada ventana 3D abierta se puede configurar de forma independiente para usar las fechas (Mejor, Real, Planificada, Propuesta, Línea base u Original), lo que permite la comparación de diferentes líneas de base.

En la pestaña **Windows**, en el panel **Common**, seleccione **3D** para crear otro cuadro de vista 3D.

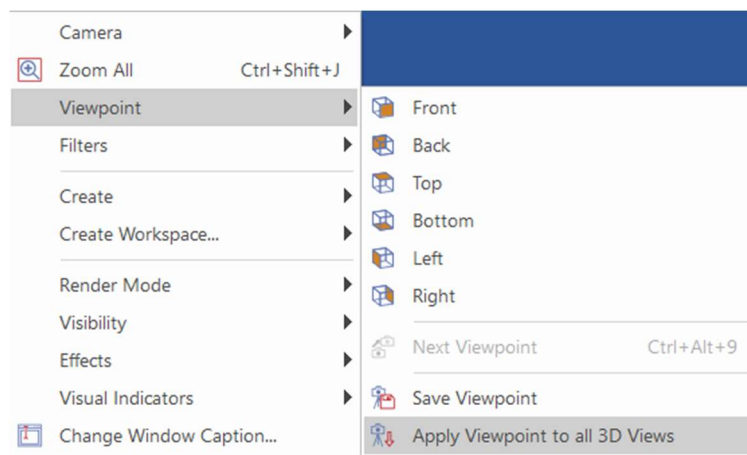


Desacople la nueva ventana y arrastre a la localización deseada. Se recomienda colocar las vistas de manera paralela.

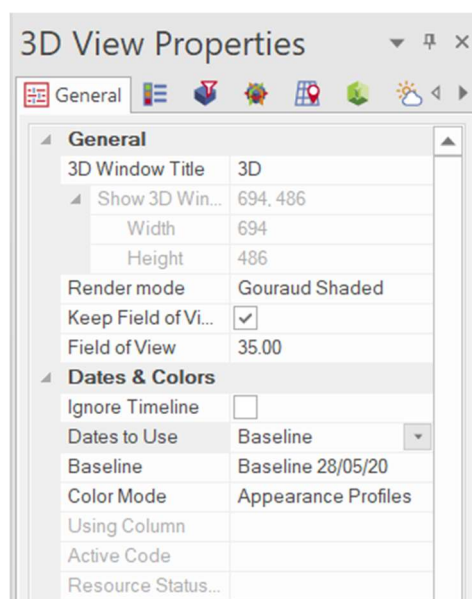


Modifique una de las vistas 3D para poder ver todo el edificio.

Haga clic con el botón derecho en la vista 3D modificada y seleccione en **Viewpoint** la opción **Apply Viewpoint to all 3D Views** para que el ángulo de la cámara en ambas ventanas sea el mismo.



Haga clic izquierdo en la primera Vista 3D para seleccionarlo. Luego, **3D View Properties, General**, en la opción **Dates & Colours** y establezca en **Dates to Use** la opción **Baseline**.



En el **Baseline** seleccione la línea base de su preferencia.

La otra ventana debe establecerse en **Dates to use** la opción **Best Dates** de modo que muestre la programación actual.

Mueva el Tiempo de enfoque por el proyecto para revisar cómo el nuevo cronograma se compara con la línea de base. La configuración de **Dates to use** para cada ventana se muestra en la barra de título de la ventana.

MANUAL DE USO SYNCHRO PRO



Proyecto 4D



1. Revisar proyecto 4D

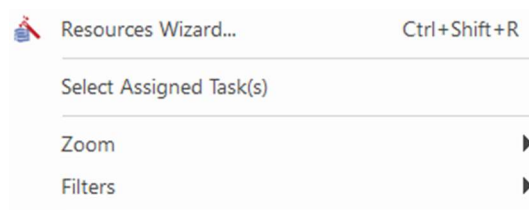
Se deben revisar las asignaciones de recursos a las tareas y objetos, así como revisar el proyecto por medio de la reproducción de la secuencia de construcción en la Vista 3D.

1.1. Revisión de tareas

- Tareas asignadas a un objeto

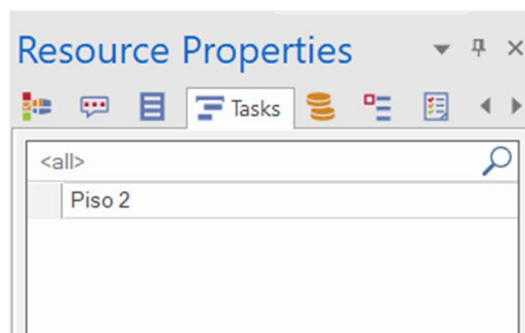
Seleccione elementos de una tarea en la ventana 3D.

Haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione **Select Assigned Task(s)**.



Esta opción resalta la o las tareas a las que se ha asignado el objeto 3D.

En la ventana **Resource Properties**, en la pestaña **Tasks** puede ver la lista tareas a las que esta asignada un recurso.



Al hacer clic con el botón izquierdo en una tarea de esta lista, se seleccionará en el Diagrama de Gantt.

- **Recursos asignados a una tarea**

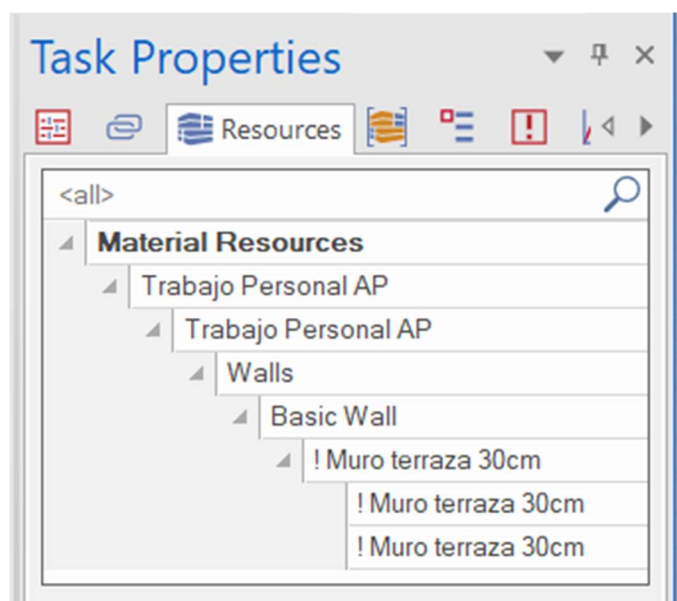
Esta sección explica cómo investigar qué recursos se asignan a una tarea en particular.

Seleccione la tarea por revisar.

Mueva el tiempo de enfoque después del final de la tarea.

Haga clic derecho en la tarea y seleccione **Select Assigned Resources**.

Puede ver todos los recursos asignados a una tarea en la pestaña **Task Properties**, en la sección de **Resources**.



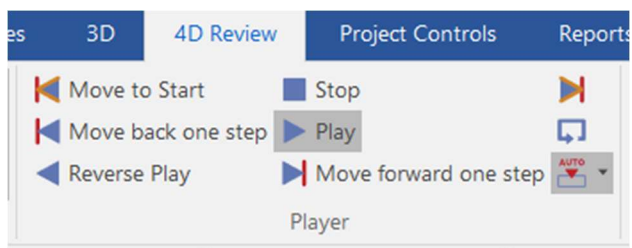
1.2. Revisión del proyecto

En la Vista 3D, haga clic derecho y seleccione **Zoom, Zoom All** para que pueda ver todo el sitio.

Arrastre el Tiempo de enfoque hacia el inicio del proyecto y arrástrelo hacia la derecha a su discreción a lo largo del tiempo.

- **Revisión 4D**

En la pestaña **4D Review**, en el panel **Player**, seleccione **Move to Start**, luego seleccione **Play**.



En el panel **Speed** ajuste la velocidad de reproducción y ajuste los intervalos del tiempo de enfoque.



En **4D Review**, **Player**, seleccione **Stop**.

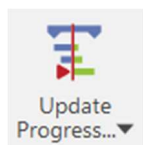
2. Informe de cronograma

Synchro permite verificar el cronograma por medio de actualización de estado u reportes de cronograma.

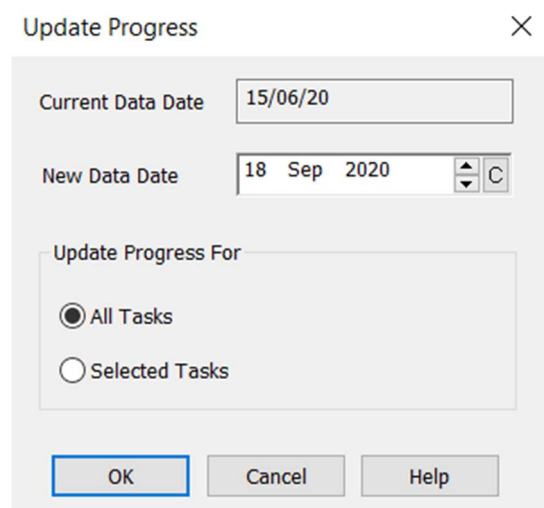
2.1. Actualización de estado

En un proyecto se puede estudiar el avance de la obra, conociendo las tareas completadas, las faltantes, así como las que llevan atrasos.

En la pestaña **Plan**, en la cinta **Schedule**, seleccione la opción **Update Progress**

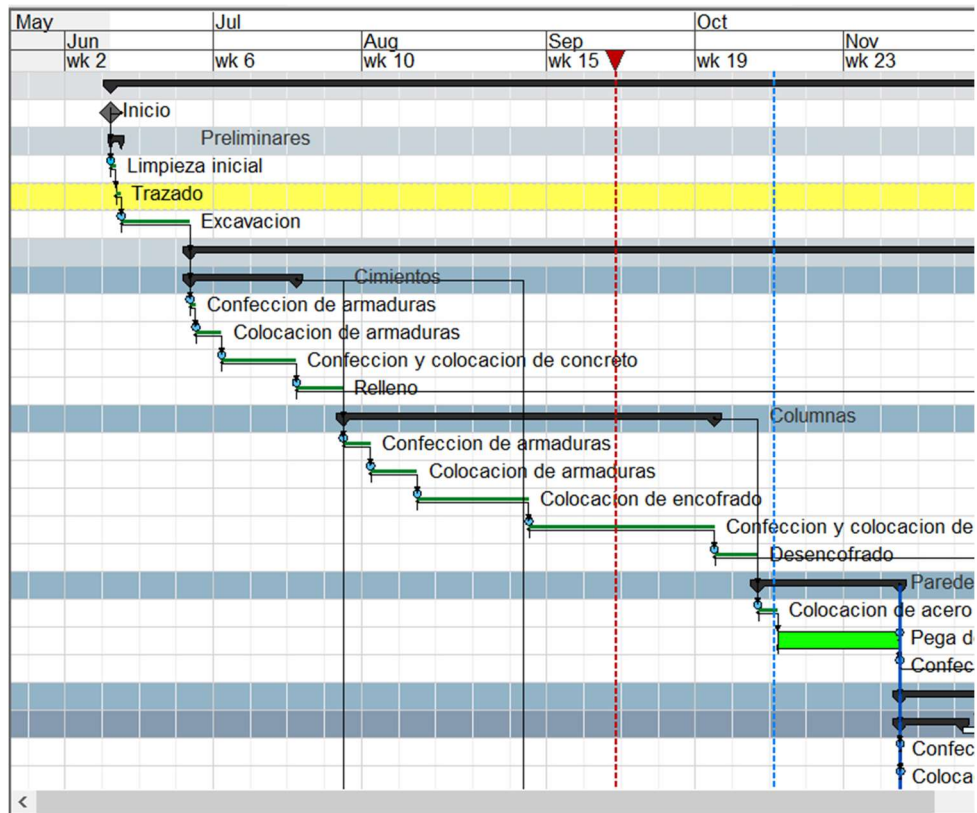


Con ello se abrirá una ventana de diálogo

A screenshot of the 'Update Progress' dialog box. It has a title bar with 'Update Progress' and a close button. Inside, there are two date fields: 'Current Data Date' with the value '15/06/20' and 'New Data Date' with the value '18 Sep 2020'. Below these is a section titled 'Update Progress For' containing two radio buttons: 'All Tasks' (which is selected) and 'Selected Tasks'. At the bottom are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

En esta ventana indique en **New Data Date** la fecha en la cual desea estudiar el avance.

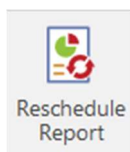
El Diagrama de Gantt se modificará según el avance de cada tarea, de modo que las tareas se mostraran en color azul y en verde las tareas faltantes.



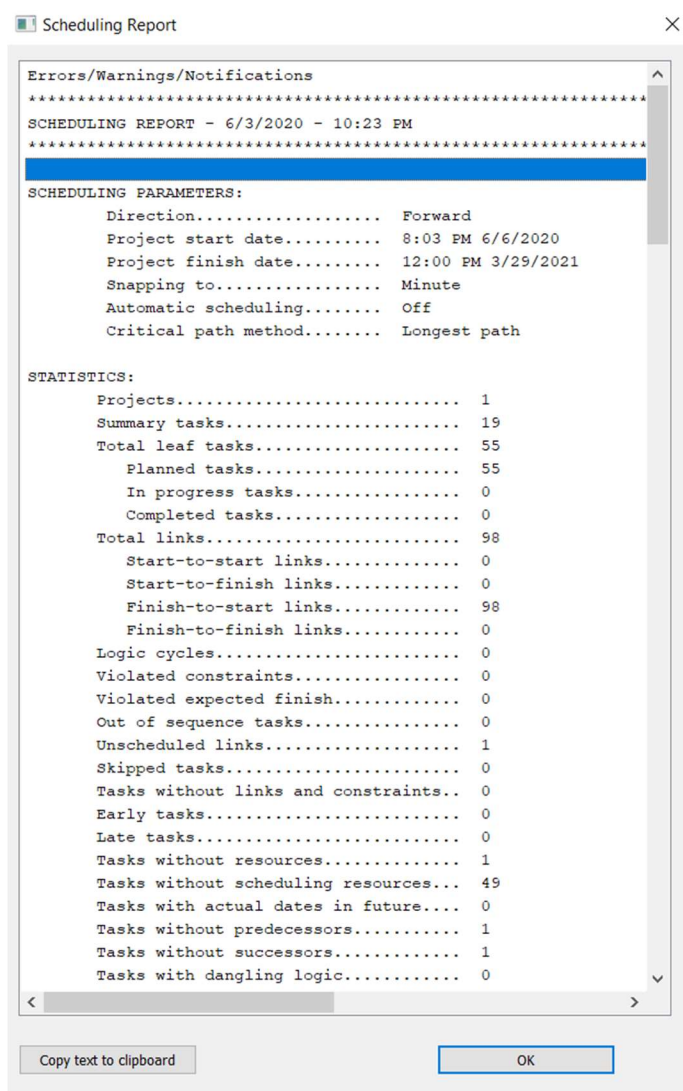
2.2. Informe de reprogramacion

Synchro Pro permite administrar el cronograma emitiendo el informe de reprogramación para estudiar los parámetros de programación y ciertas estadísticas de las tareas, los enlaces y demás criterios.

En la pestaña **Reports**, en la cinta **Schedule**, selección **Reschedule Report**.



Con ello se abrirá la ventana de reporte.

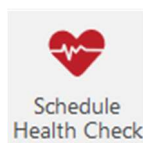


Nota. Este reporte no se puede exportar por defecto, sin embargo, se admite la opción de copiar al portapapeles y transcribirlo a otro software.

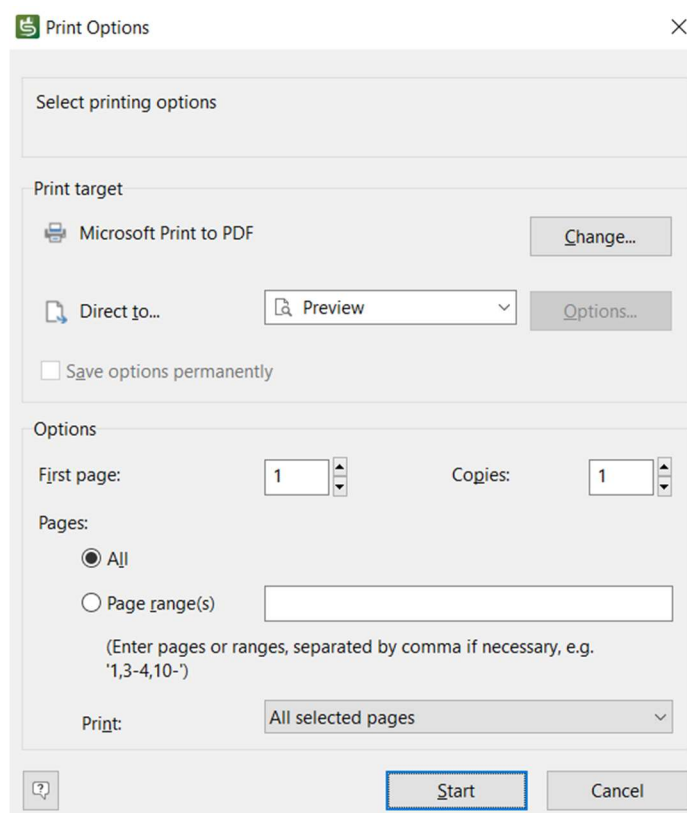
2.3. Reportes de cronograma

Synchro Pro verificar el cronograma por medio de un informe de verificación, lo cual analiza el cronograma mediante pruebas que muestra los recursos faltantes, la lógica faltante y las tareas.

En la pestaña **Reports**, en la cinta **Schedule**, selección **Schedule Health Check**.



Con ello se abrirá una ventana de impresión, de modo que el informe se puede exportar.



En la sección **Print target** elija el método y el formato de impresión en **Direct to**. Selección **Start** para generar un informe.

Nota. Al elegir el formato **Preview** el reporte se mostrará en modo de vista previa.

Synchro Schedule Health Check

Project: C:\Users\ajpat\OneDrive\Documents\Tec\1 Proyecto de

	Test	Description	Goal	Result
1	Missing Logic	Tasks without predecessors or successors	< 5%	3.64%
2	Leads	Relationships with negative lag	0%	0.00%
3	Lags	Relationships with positive lag	< 5%	0.00%
4	Relationship Types	Relationships other than FS type	< 10%	0.00%
5	Hard Constraints	Incomplete tasks with hard constraints	< 5%	0.00%
6	High Float	Incomplete tasks with at least 44 days float	< 5%	71.05%
7	Negative Float	Incomplete tasks with negative downstream float	0%	0.00%
8	High Duration	Incomplete tasks with at least 44 days duration	< 5%	0.00%
9	Invalid Dates	Tasks with forecasted dates before the Data Date and/or actual dates past the Data Date	< 1	0
10	Missing Resources	Incomplete tasks without scheduling resource assignments	N/A	92.11%
11	Missed Tasks	Tasks with actual finish dates later than baseline plan finish dates	< 5%	N/A
12	Critical Path Test	Checks critical path integrity	N/A	N/A
13	Critical Path Length Index	Ratio of critical path length + total float to the critical path length	>= 0.95	1.00
14	Baseline Execution Index	Ratio of the number of tasks completed to the number that should have been completed against the baseline	>= 0.95	N/A

ID	Name	Value
1: Missing Logic		
02	Inicio	
74	Entrega	
6: High Float		
21	Pega de bloques	2M, 1w, 4d
22	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 1w, 4d
25	Confeccion de armaduras	2M, 2d
26	Colocacion de armaduras	2M, 2d
27	Colocacion de encofrado	2M, 2d
28	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 2d
29	Desencofrado	2M, 2d
31	Confeccion de armaduras	2M, 3d
32	Colocacion de armaduras	2M, 3d
33	Colocacion de encofrado	2M, 3d
34	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 3d

Data date: 18/10/20

Report Date: 03/06/20

Page 1 of 3

El reporte incluye en una lista de exámenes realizado, indicando falta de lógica en tareas, avances, retrasos, tipos de relación, restricciones, tareas con holgura alta o negativa, tareas de alta duración, fechas invalidadas, recursos faltantes, tareas perdidas. Asimismo, se presenta una lista con las tareas que cumplen con los criterios de cada examen.

3. Editor de Visualización

3.1. Plano de corte

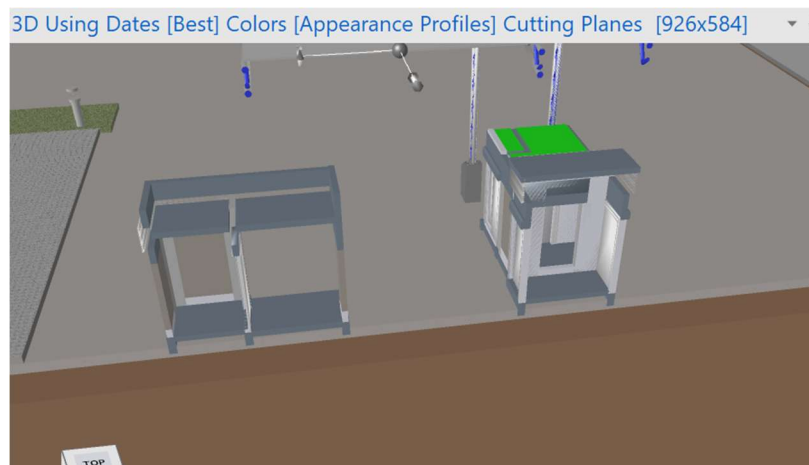
Los planos de corte se pueden usar, por ejemplo, para ver dentro de un edificio o bajo tierra cuando se trabaja en Synchro, cuando se reproduce el Tiempo de enfoque o al exportar una animación.

Asegúrese de que el tiempo de enfoque esté al final del proyecto.

Haga clic derecho en la ventana 3D y seleccione en **Cutting Planes**, la opción de corte según el eje deseado.

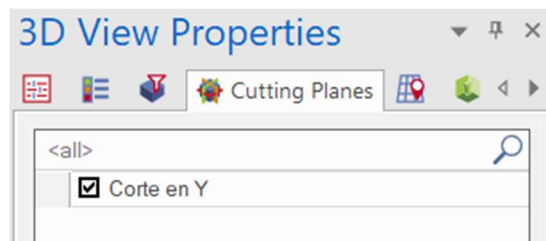


Haga clic izquierdo para colocar el plano de corte en un objeto.



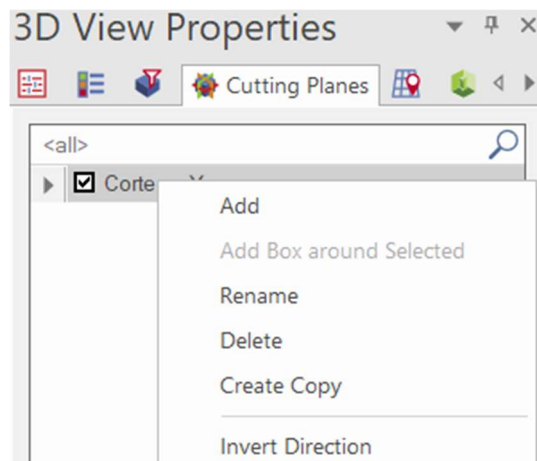
Mueva el manipulador y presione el botón izquierdo para mover el plano de corte hacia arriba o abajo.

En la ventana **3D View Properties**, en la pestaña **Cutting Planes** se enlistará el nuevo plano de corte.

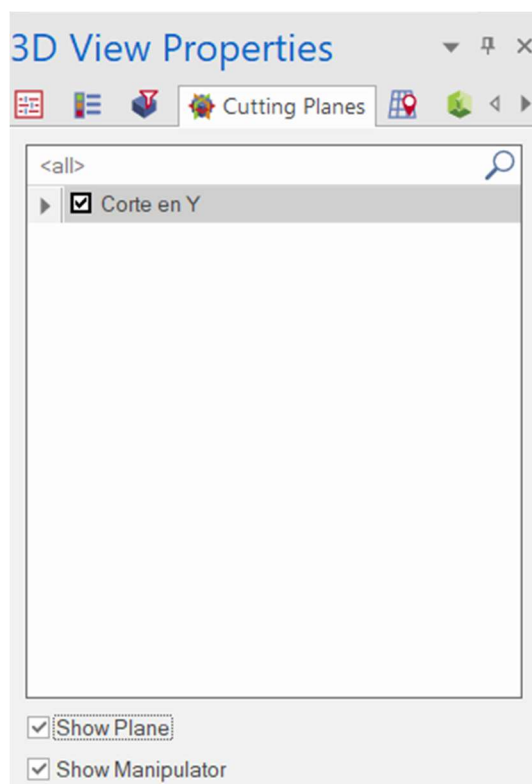


Cambie el nombre del plano de corte haciendo clic izquierdo en **New Cutting Plane** y seleccionando **Rename**.

Cambie la dirección del plano de corte haciendo clic derecho en el nombre del plano de corte y seleccionando **Invert Direction**.



El plano se puede activar seleccionando la casilla de verificación **Show Plane**. Así como para el manipular se activa en la opción **Show Manipulator**.

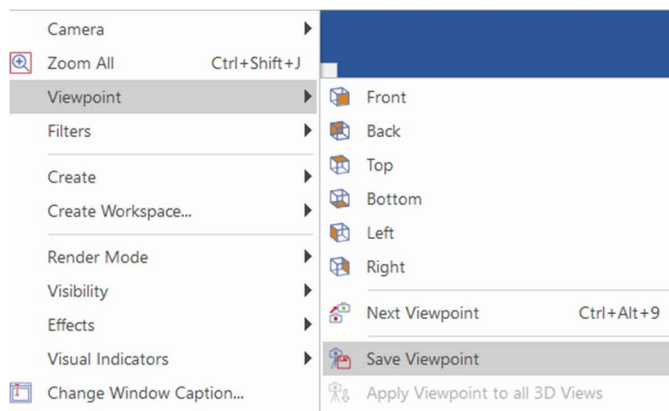


3.2. Puntos de vista

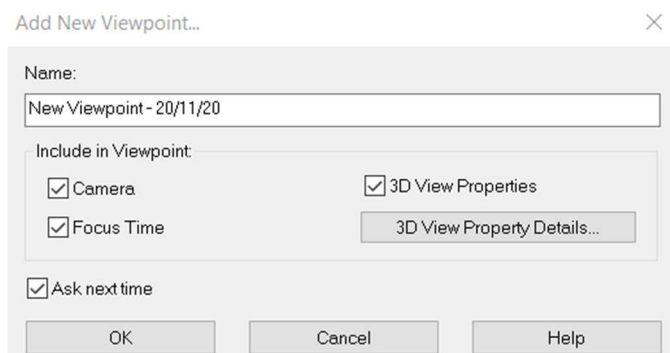
Los puntos de vista pueden almacenar tiempo de enfoque, ángulo de cámara, filtros 3D y planos de corte.

Ajuste la ventana 3D con la vista deseada y mueva el tiempo de enfoque a gusto.

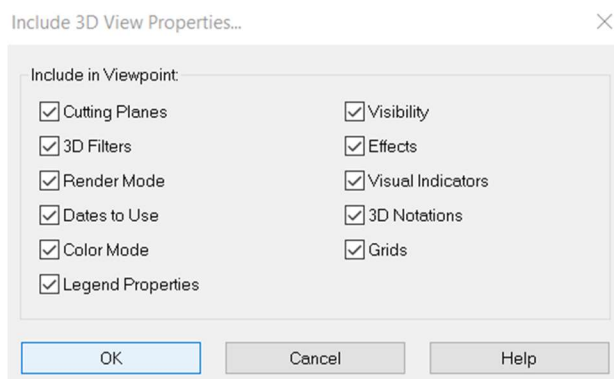
Haga clic derecho en la ventana 3D y elija en **Viewpoints** la opción **Save Viewpoint**.



Se abrirá un cuadro de diálogo.

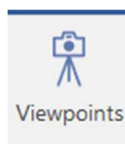


Presione **3D View Properties Details**, con lo cual se abrirá un segundo cuadro con las propiedades de la vista.

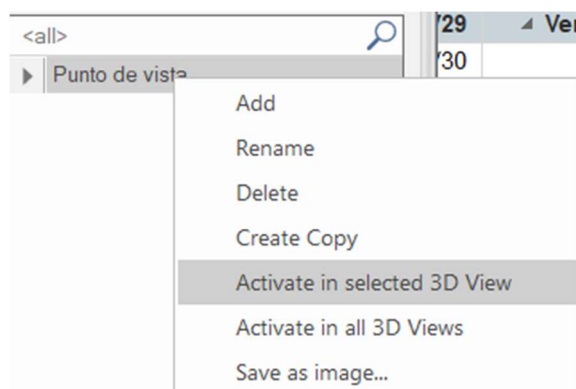


Presione OK para finalizar.

En la pestaña **Navigator**, en el panel **4D Visualization**, seleccione **Viewpoints**.



Con lo cual se abrirá una ventana donde se enlistan los Puntos de vista guardados. Al modificar la vista 3D, es decir, al mover el tiempo de enfoque, habilitar o deshabilitar los planos de corte o ajustar el angulo o el acercamiento de la vista 3D y seleccionar en la lista de Viewpoints el punto de vista y seleccionar **Activate in selected 3D View** se verá el punto en la Vista 3D.



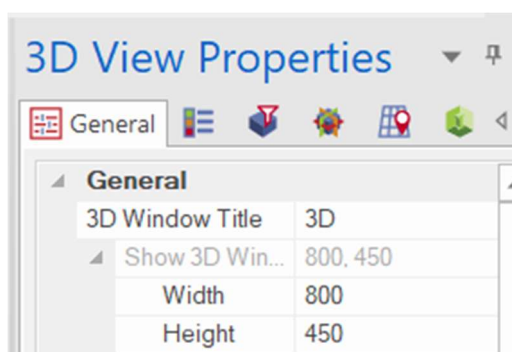
4. Animaciones

En Synchro es posible crear una animación como descripción general del proyecto o de ciertas tareas. La animación puede exportarse como un video.

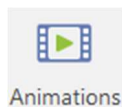
4.1. Crear una animación

Desacople la ventana 3D haciendo doble clic en la barra de encabezado. Esto evitara recortar los lados de la vista al exportar la animación.

En **3D View Properties, General**, expanda el tamaño de ventana 3D en la opción **3D Window Size** y establezca el ancho (**Width**) en 800 y la altura (**Height**) en 450 (esto obedece a la relación 16: 9 de la pantalla) o ajuste a conveniencia según la pantalla.

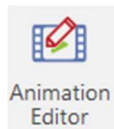


En la pestaña **4D Review**, en **Animations**, seleccione la opción **Animations**, con lo cual se abrirá una ventana.

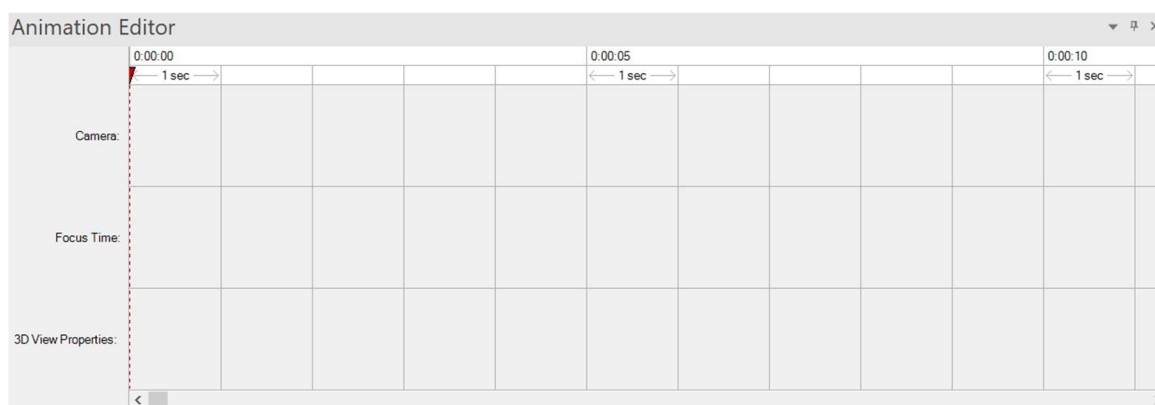


Haga clic derecho y seleccione **Add** para crear una nueva animación y cambie su nombre.

En la pestaña **4D Review**, en el panel **Animations**, seleccione **Animation Editor**, con lo cual se abrirá una ventana.



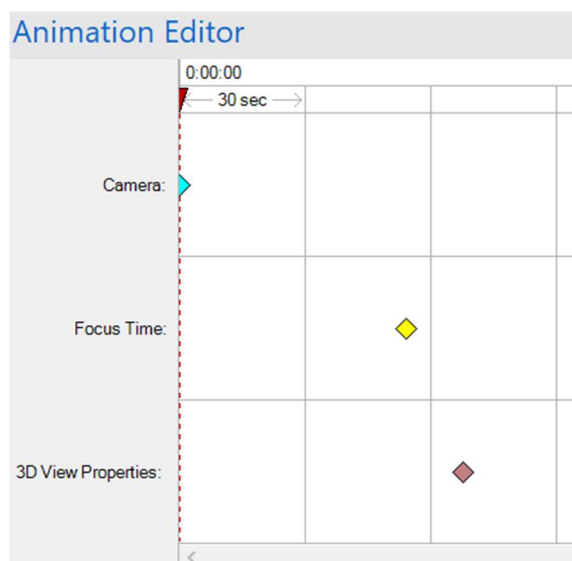
Mueva el cursor y gire la rueda del mouse para cambiar la escala de tiempo.



Los fotogramas clave de la cámara están marcados con un marcador azul en el canal de animación.

Los fotogramas clave de tiempo de enfoque están marcados por un marcador amarillo.

Los fotogramas clave de eventos están marcados por un marcador marrón.



Mueva el tiempo de enfoque en el Diagrama de Gantt justo antes del inicio del proyecto para definir el inicio de la animación.

Haga clic izquierdo en el canal de tiempo de enfoque del editor de animación a los 0 segundos, con ello aparecerá un marcador amarillo.

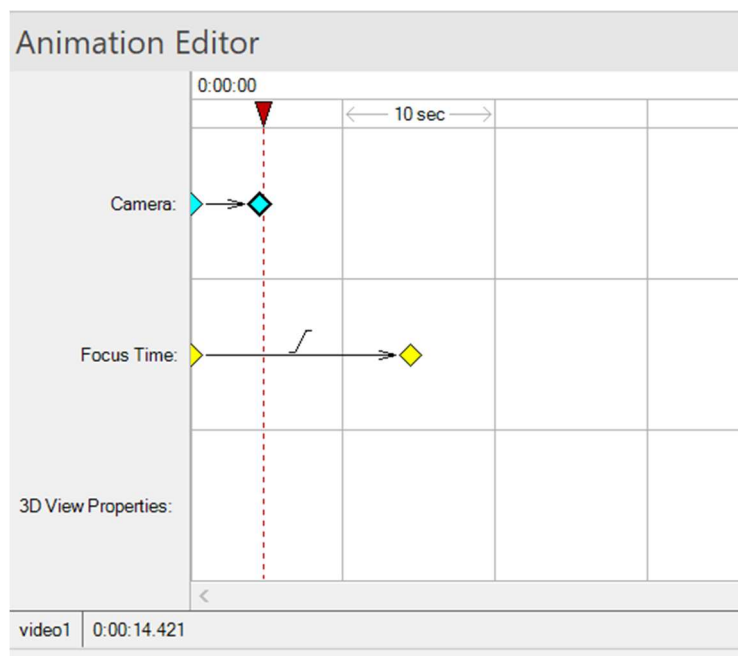
Mueva el tiempo de enfoque en el Diagrama al final del proyecto para definir el final de la animación.

Haga clic izquierdo en el canal de tiempo de enfoque en el editor de animación al tiempo deseado para la duración de la animación según la escala, así aparecerá otro marcador.

Seleccione y arrastre el marcador de tiempo en el editor de animación para revisar la línea de tiempo almacenada.

En el panel **Player**, haga clic en **Move to Start** y luego en **Play**.

Para crear un punto de vista de la cámara haga clic izquierdo en el canal de la cámara del editor de animación en 0 segundos, con lo cual aparecerá un marcador azul.



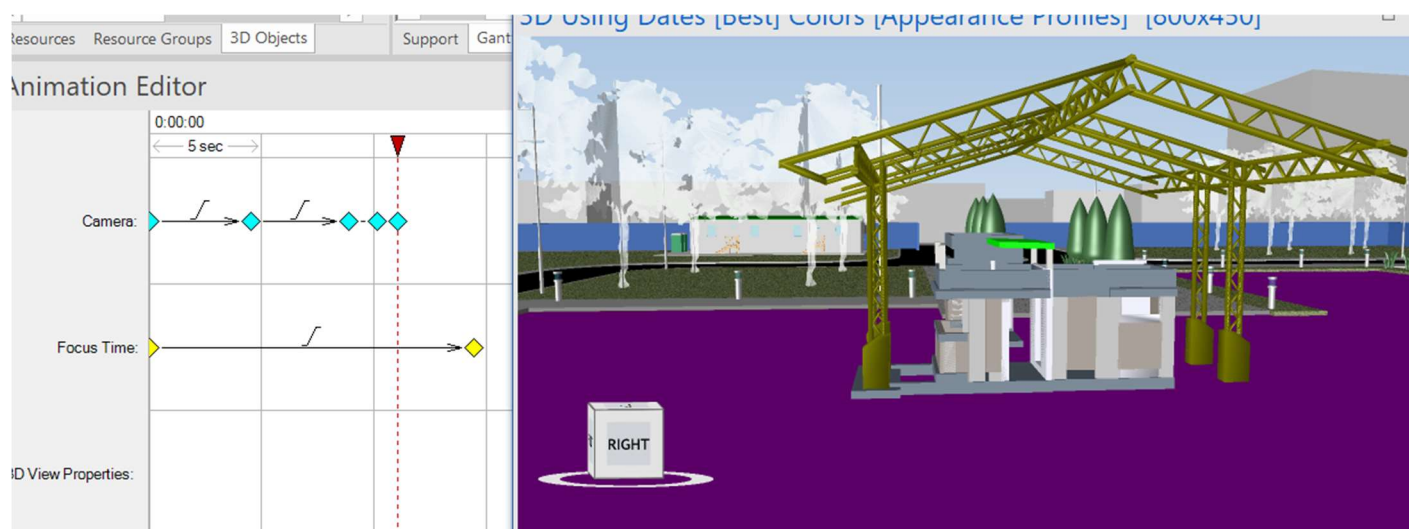
Mueva el marcador de tiempo de enfoque en el Editor de animación hacia adelante (al menos 5 segundos).

Modifique la vista 3D haciendo zoom. También puede modificar la vista 3D para que orbite alrededor de los elementos.

Haga clic izquierdo en el canal de la cámara del editor de animación al tiempo ajustado para configurar la vista.

Mueva nuevamente el marcador de tiempo de enfoque hacia adelante y modifique la vista a su gusto.

Repita los pasos estableciendo puntos de cámara según el tiempo de enfoque.



Revise la animación arrastrando el marcador de tiempo de enfoque en el editor de animación. También puede reproducir la animación en la pestaña **4D Review**, en el panel **Play Mode**, en la opción **Play Animations**.

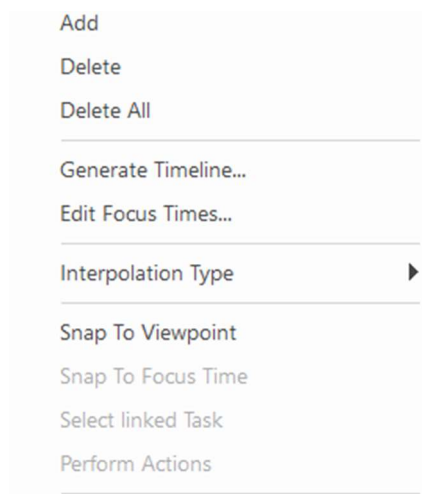
Luego, en el mismo panel, haga clic en **Move to Start** y luego en **Play**.

4.2. Editar una animación

- Ajustar los ángulos de la cámara

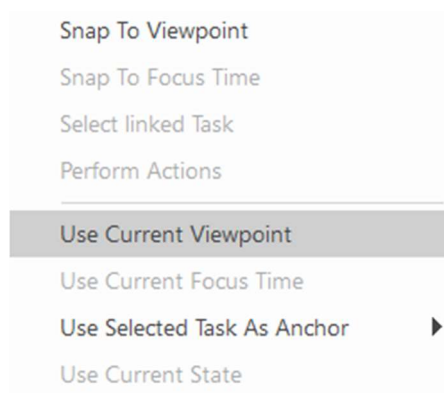
En el proceso de animación es necesario ajustar los ángulos de la cámara.

Haga clic derecho en el marcador azul en el canal de la cámara y seleccione **Snap To Viewpoint**.



Modifique la ventana 3D para obtener el ángulo de la cámara.

Haga clic derecho en el marcador azul en el canal de la cámara y seleccione **Use Current Viewpoint**.



- Agregar puntos en la animación

También puede editar la animación agregando más puntos.

Arrastre el marcador de tiempo de enfoque en el Editor de animación a un punto en el tiempo en el medio de dos de los nodos de la cámara.

Modifique la ventana 3D.

Haga clic izquierdo en el canal de la cámara del Editor de animación donde el marcador de tiempo de enfoque se cruza con el canal de la cámara.

- Editor del tiempo en las tareas

A veces, las tareas largas o las brechas en el trabajo pueden ser condensadas para acelerarlas y las tareas cortas expandidas para disminuirlas. Esto se realiza en el canal de tiempo de enfoque.



Agregue fotogramas clave de tiempo de enfoque al principio y al final de la secuencia acelerar o desacelerar.

Para mover un fotograma desplace el cursor sobre él hasta que aparezca una flecha doble.

Haga clic izquierdo y mantenga presionado mientras arrastra para mover.

Acerque los fotogramas clave del tiempo de enfoque para acelerar las actividades intermedias. Muévalos más lejos para ralentizar el tiempo en la animación.

5. Exportar

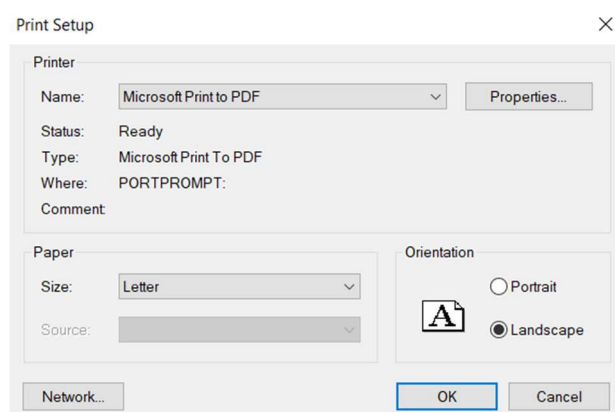
5.1. Exportar el Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt se puede imprimir desde Synchro para compartirlo con otros sin la necesidad de compartir el archivo SPX.

Antes de la impresión personalice las columnas a su preferencia dado que las columnas presentes en el Diagrama de Gantt se incluirán en la impresión.

Expanda o contraiga el Diagrama ajustando el Zoom.

Establezca la orientación horizontal o **Landscape**, el tamaño del papel y configure la impresora y el diseño de página seleccionando la pestaña **File**, en la opción **Print Setup**.



Seleccione la pestaña **File**, la opción **Print**, se abrirá una ventana de dialogo.

Diríjase a la pestaña **Legend** para agregar un encabezado, un pie de página o una leyenda a la impresión.

Print ×

General Paper Layout **Header/Footer/Legend** Import/Export

Select template

Header:	[Don't Show]	Add	Delete	Edit..
Sub Footer:	[Don't Show]	Add	Delete	Edit..
Footer:	[Show Synchro Footer]	Add	Delete	Edit..

Project Title:		Date	Icon
Program Title:		☒ Data date (17/05/20)	 Change...
Client:		☐ Focus date (18/05/20)	
Author:	Alison Patterson	☐ Today (17/05/20)	
Program Number:		☐ Pick date...	
Revision Comments:		5/16/2020	
Notes:			

Revision Number: 01

Preview Print Cancel Apply

En la pestaña **Layout**, asegúrese de que en el menú desplegable **View to Print** esté configurado en **Gantt**.

En la sección Horizontal y Vertical Pagination ajuste a **Fit to Exactly: 1** para la paginación horizontal y ajuste a tamaño real en **Actual Size** para la paginación vertical.

En la sección **Date Range** al habilitar la casilla **Use Data Range** puede aplicar un intervalo de fechas o mantenerlo desactivado para imprimir toda la programación.

Print

General Paper Layout Header/Footer/Legend Import/Export

View to Print
Gantt

Margins (millimeters)
Left: 10 Right: 10
Top: 10 Bottom: 10

Date Range
☐ Use Date Range
☐ Data Date ± days 0
From: 5/16/2020 To: 5/16/2020

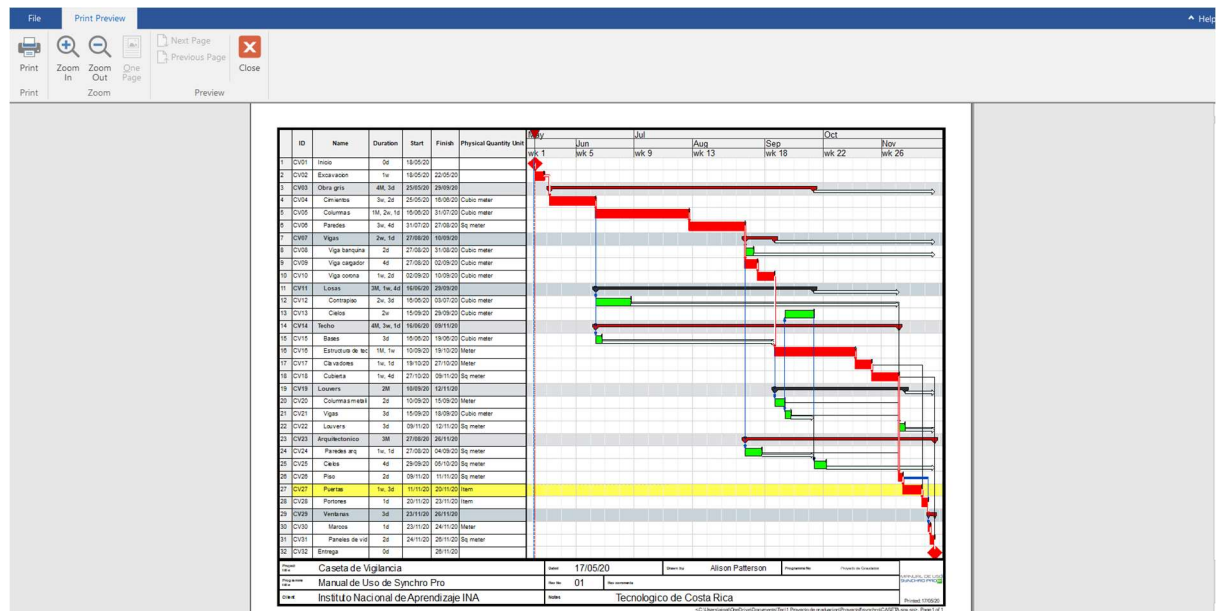
Horizontal pagination
☐ Actual Size
☐ Fit to at most
☒ Fit to exactly 1

Vertical pagination
☒ Actual Size
☐ Fit to at most
☐ Fit to exactly 1

Print order
☒ Down, then over
☐ Over, then down

Preview Print Cancel Apply

Seleccione **Preview** para ver la vista previa de la impresión.



Seleccione **Print**.

5.2. Exportar una imagen

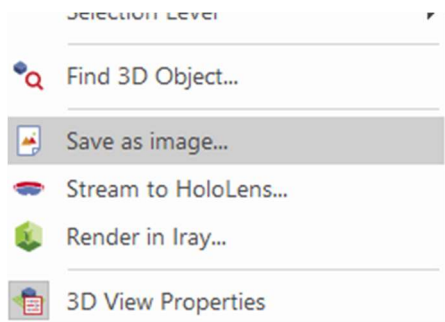
Synchro permite guardar imágenes en formato JPEG, PNG y BMP.

Hay 2 formas de guardar una imagen.

- Ventana 3D

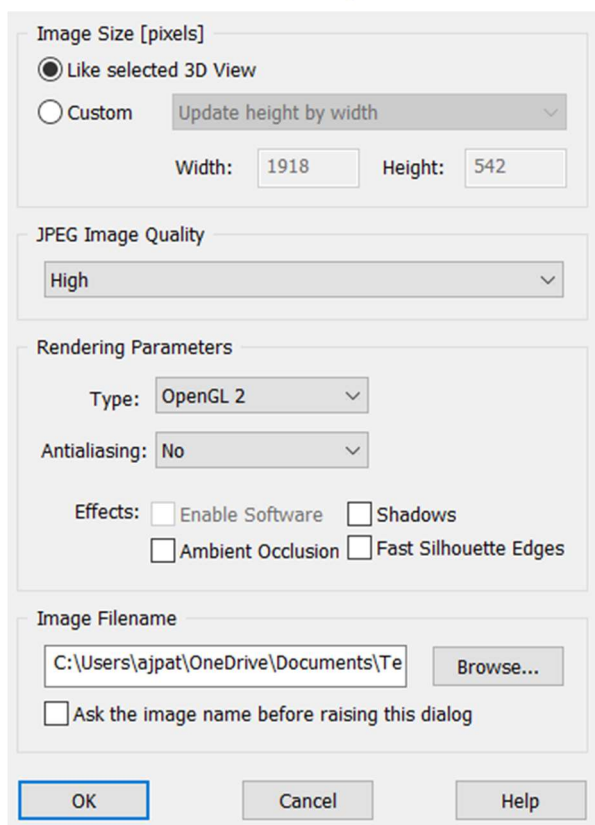
Haga clic derecho en la ventana 3D.

Seleccione **Save as Image** en el menú.



Con ello se abrirá la ventana de dialogo **Save the selected 3D View as image**.

Save the selected 3D view as image...



Seleccione el tamaño de la imagen en **Image Size**, si desea mantenerla igual a la ventana 3D o una medida personalizada.

Seleccione la calidad deseada en **JPEG Imagen Quality** y los parámetros de render en **Rendering Parameters**

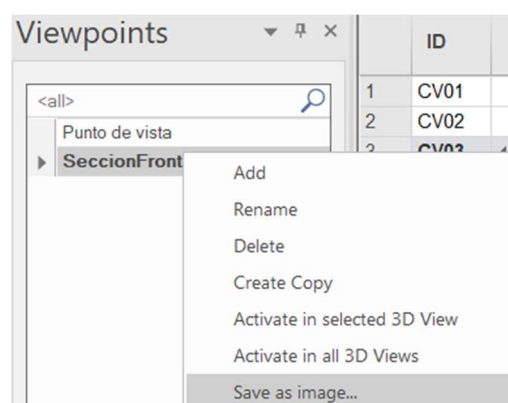
Seguidamente seleccione la ubicación del archivo y seleccione el tipo (PNG, BMP o JPEG).
Seleccione **OK** para guardar.

- **Punto de vista**

Si desea guardar como imagen un punto de vista guardado en la pestaña Navigator, seleccione **Viewpoints**.

Seleccione el nombre del punto de vista.

Haga clic derecho y elija **Save as Image**.



Con ello se abrirá la ventana de dialogo **Save the selected 3D View as image**.

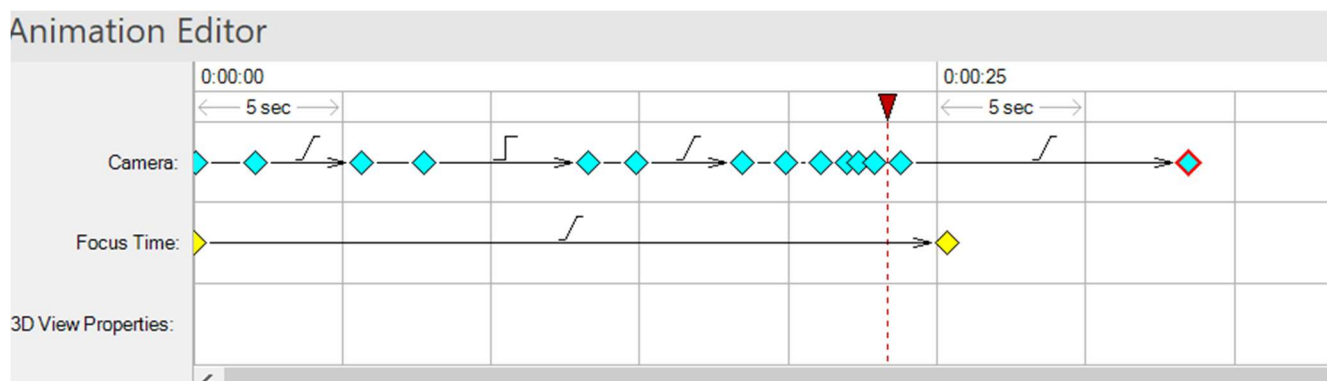
Seleccione el tamaño de la imagen en **Image Size**, la calidad deseada en **JPEG Imagen Quality** y los parámetros de render en **Rendering Parameters**

Seguidamente seleccione la ubicación del archivo y seleccione el tipo (PNG, BMP o JPEG).
Seleccione **OK** para guardar.

5.3. Exportar una animación

Una vez que se ha creado una animación, se puede exportar como un archivo AVI, compatible con un reproductor de video.

Arrastre el Marcador de tiempo de enfoque al final de la animación y haga clic izquierdo en el marcador y arrastre hasta añadir de 5 a 10 segundos más a la animación. Esto permite que la animación no vuelva al inicio al exportarse.

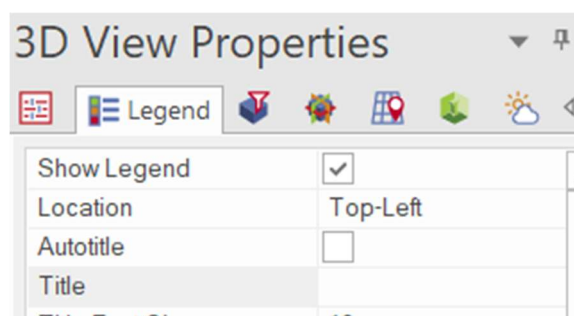


Antes de exportar la animación personalice las columnas del Diagrama de Gantt si desea que este se muestre en la animación.

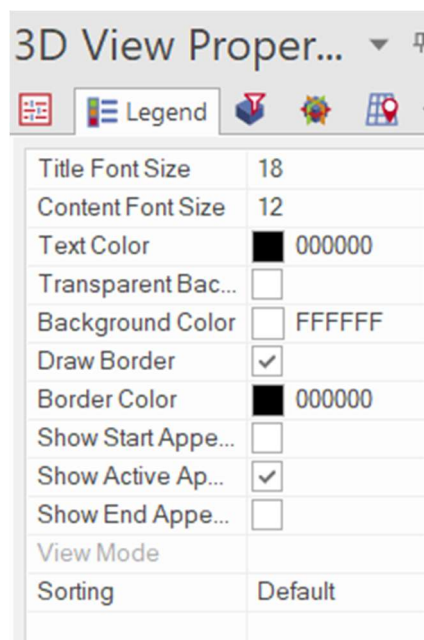
Para agregar una Leyenda 3D en la animación diríjase a **3D View Properties**, en la opción de **Legend**.

Habilite la casilla **Show Legend**.

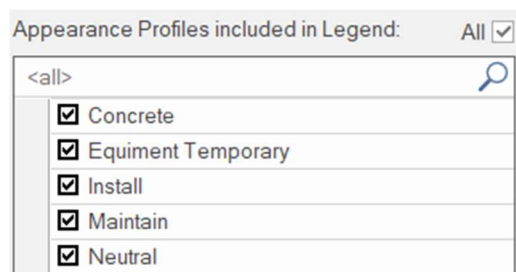
Desactive **Autotitle** y escriba el título en el espacio de **Title**.



Cambie el tamaño o el color del texto, así como las características de la leyenda, como el color de fondo para el cuadro.

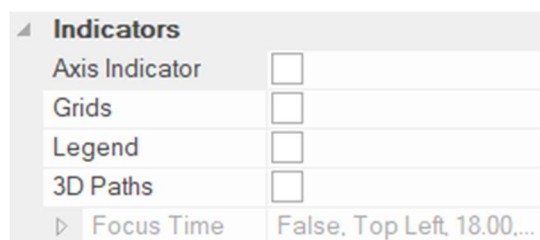


En **Appearance Profiles included in Legend** seleccione los perfiles de apariencia que desea mostrar. Si desea incluir todos los perfiles seleccione la casilla **All**, sino desmarque la casilla y luego habilite solo los perfiles a mostrar.

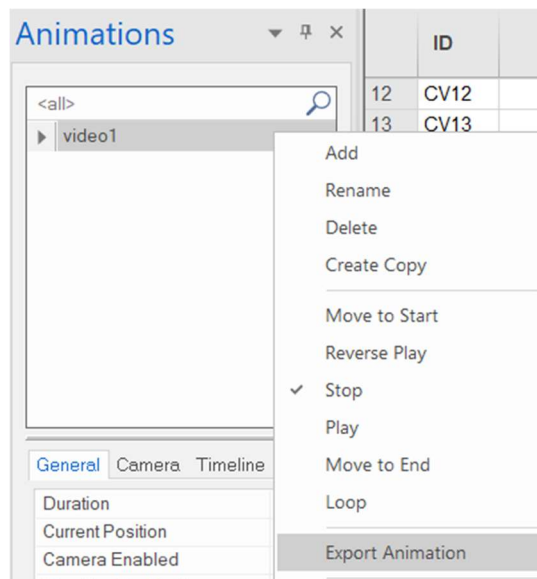


Visualice la leyenda en la ventana 3D.

En **3D View Properties**, en la opción **General**, seleccione **Indicators** y desactive las casillas de los Indicadores de eje, de la cuadrícula y de las rutas 3D.



En la pestaña **Navigator** seleccione **Animations**, en la ventana seleccione la animación que desea exportar, haga clic con el derecho en la animación y seleccione **Export Animation**.



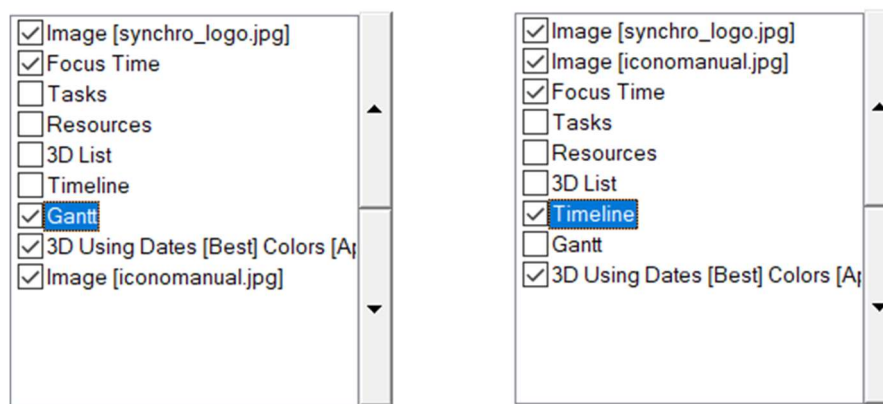
Con ello se abrirá una ventana de dialogo.

- Contenido de la animación

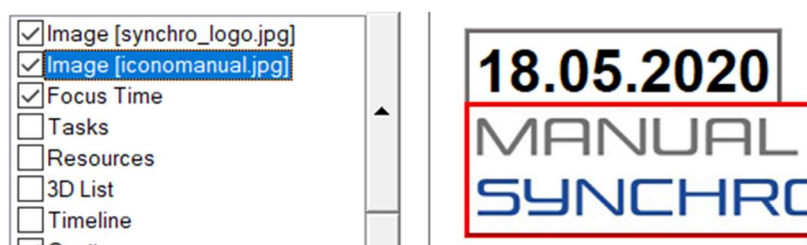
En la ventana **Export Animation**, seleccione la pestaña de **Content**.

En la pestaña **Content** seleccione las ventanas que desea visualizar en la animación. Se recomienda habilitar las casillas **3D Using Dates**, **Focus Time**, y **Timeline** o **Gantt**. A lo cual le puede agregar las leyendas o las imágenes que requiera.

Para cambiar el tamaño de la ventana mueva el cursor hacia los bordes, mantenga presionado el botón izquierdo del mouse y arrastre para adaptar.



Con el uso de las flechas mostradas a la derecha de la lista de ventanas, mueva las ventanas arriba o abajo según la prioridad en la imagen. Las ventanas en la parte superior de la lista irán al frente en la ventana.

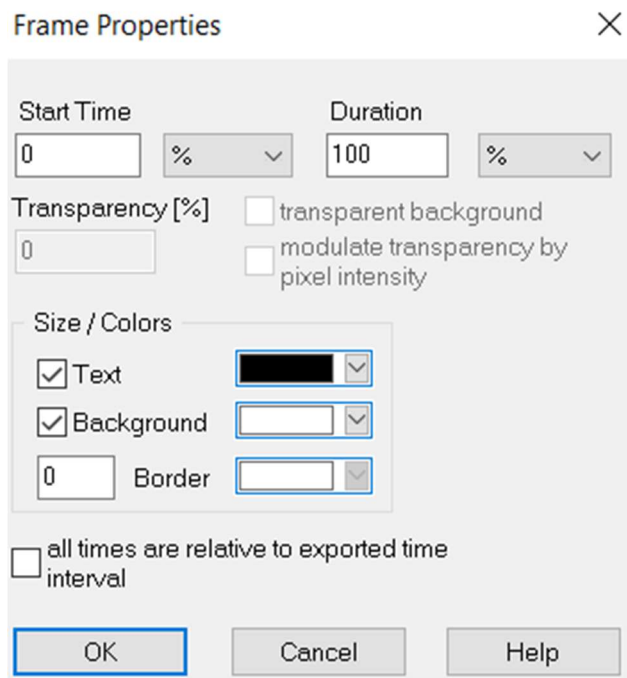


Si desea mover la ventana de leyendas de los perfiles de apariencia, diríjase a **3D Properties**

En la pestaña **Legend** desabilite **Show Legend**, con ello la leyenda se mostrará como una ventana en la lista de contenidos en **Content**.

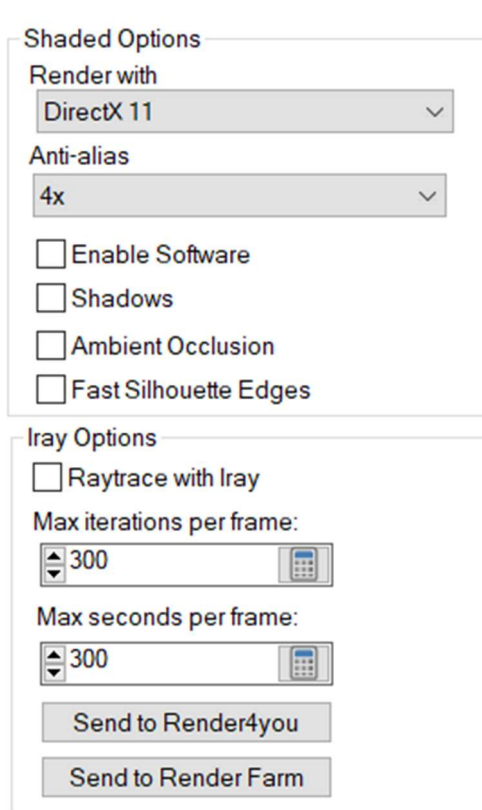
En la lista, haga clic derecho en alguna ventana y seleccione **Properties**.

En la ventana **Frame Properties** puede editar el texto, el fondo de la ventana y el borde.



En el menú desplegable **Render with** Seleccione **DirectX 11** si planea usar efectos como sombras o texturas.

En el menú desplegable de Anti-Alias seleccione 4x.



- Detalles de resolución

En la ventana **Export Animation**, seleccione la pestaña de **Resolution**.

Diríjase a la sección **Resolution**, y edite los valores de ancho, alto y velocidad de los fotogramas. Se recomienda dejar los valores predeterminados o establecer la resolución de 1280 x 720 y una velocidad de fotogramas 15 fps (fotogramas por segundo) para una exportación de prueba o de 25 fps para una buena resolución.

Export Animation...

Resolution Content Images Soundtrack Gantt Chart Focus Time Timeline Textual Frames

Resolution

Width 1280

Height 720

Frame Rate 15

Duration

Start (sec) 0

Finish (sec) 25.771

Speed 100%

Split every (sec) 0

Compression

Codec: default Change

File for Export

C:\Users\ajpat\OneDrive\Documents\Tec\1 Proyecto de graduacion\Proy Browse...

☐ Export the animation as a sequence of images with given quality Good

☐ Skip existing frames

☒ Open animation location when complete

En la sección **Duration**, digite división de video en **Split** este en cada 10 segundos. Esto permite separar la animación en diversos videos que permitan archivos mas livianos, dado que el tamaño máximo de exportación de AVI es de 2 GB.

Export Animation...

Resolution	Content	Images	Soundtrack	Gantt Chart	Focus Time	Timeline	Textual Frames
Resolution Width 1280 Height 720 Frame Rate 25 Duration Start (sec) 0 Finish (sec) 32 Speed 100% Split every (sec) 10							
Compression Codec: default Change							
File for Export C:\Users\ajpat\OneDrive\Documents\Tec\1 Proyecto de graduacion\Proy Browse... ☐ Export the animation as a sequence of images with given quality Good ☐ Skip existing frames ☒ Open animation location when complete							

En la sección de Compresión asegúrese que este configurado en - Códec: x264vfw - Códec AVC H.264 / MPEG-4, sino seleccione **Change**.

Video Compression

×

Compressor:

x264vfw - H.264/MPEG-4 AVC co

▼

Compression Quality:

<
>

OK

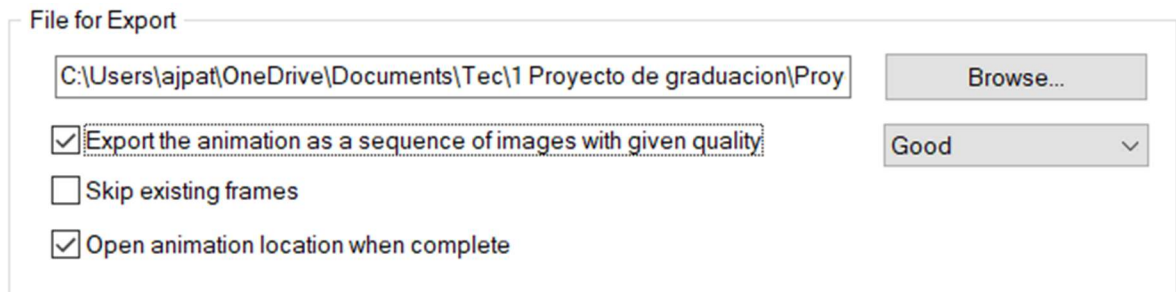
Cancel

Configure...

About...

- Exportar serie de imágenes

En la pestaña de **Resolution**, seleccione la casilla **Export animation as a sequence of images with given quality** para exportar la animación como una serie de imágenes en un formato PNG, JPG o BMP y seleccione la calidad. La velocidad de fotogramas determinará cuántos archivos de imagen se crean.



File for Export

C:\Users\ajpat\OneDrive\Documents\Tec\1 Proyecto de graduacion\Proy

Browse...

☒ Export the animation as a sequence of images with given quality

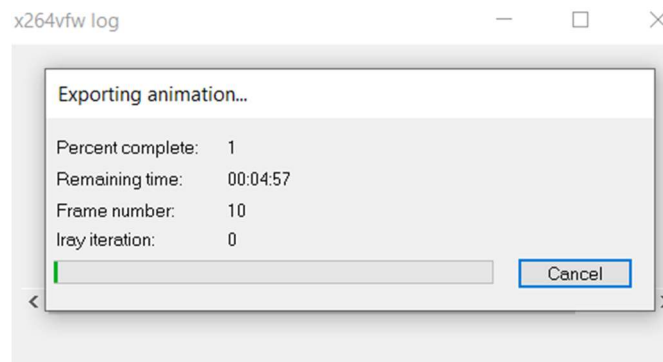
☐ Skip existing frames

☒ Open animation location when complete

Good

Una vez que se ha configurado la animación seleccione **Save**.

Para exportar la animación presione **Ok**.



5.4. Exportar un PDF 3D

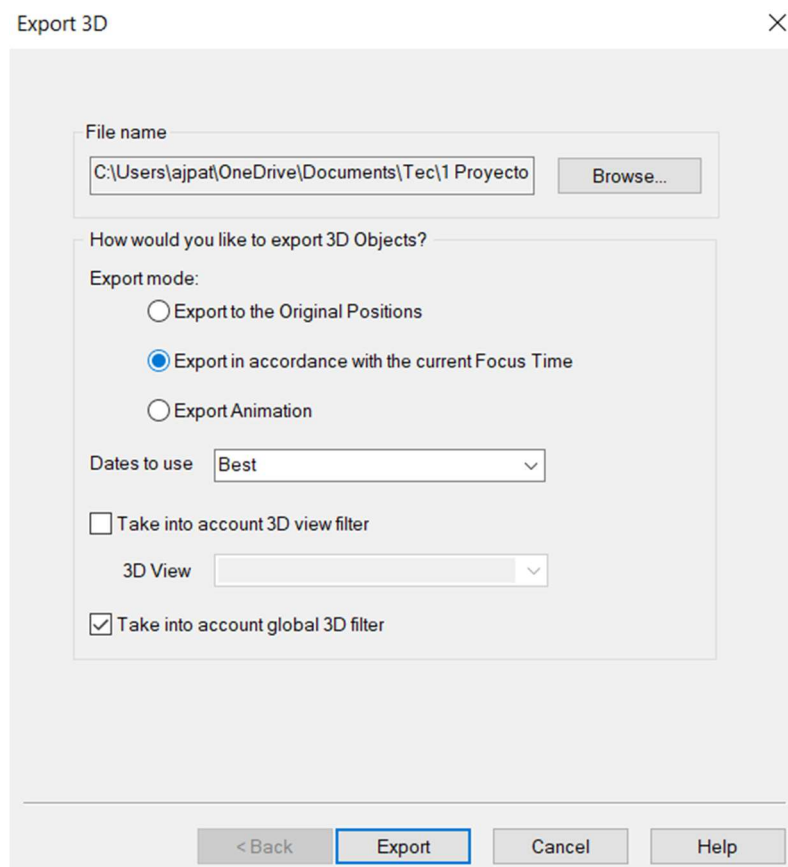
Synchro le brinda la capacidad de exportar una Vista 3D del proyecto como PDF 3D.

Esto se puede usar para compartir el Modelo 3D con otros electrónicamente sin tener que compartir el archivo del Proyecto Synchro.

Ajuste la vista a exportar con el tiempo de enfoque.

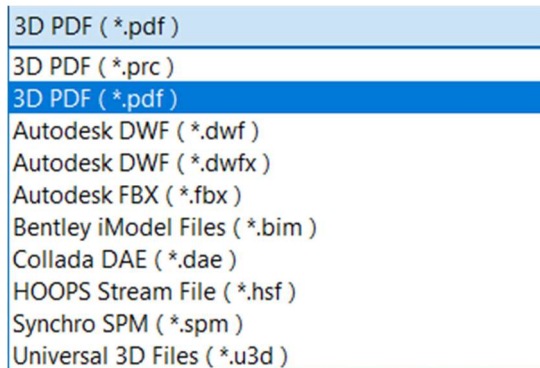
En la pestaña **File**, seleccione en **Export** la opción **3D**.

Con lo cual se abrirá una ventana de dialogo.



Seleccione **Browse** para elegir la localización y el nombre del archivo.

En el tipo de archivo asegúrese establecer el formato .pdf



Establezca en **Save as Type** PDF 3D. Luego seleccione **Save**.

En **Export Mode** seleccione la casilla de verificación **Export in accordance with the current Focus Time** para exportar la imagen de acuerdo con el tiempo de enfoque.

En **Dates to use** seleccione **Best**.

Seleccione la casilla **Take into account global 3D Filter** para considerar el filtro 3D global.

Seleccione **Export**.

Apéndice 5. Cronograma en Synchro



	ID	Name	Duration	Start	Finish	May	Jul			Oct			Jan 2021		
						Jun		Aug	Sep		Nov	Dec		Feb	M
						wk 1	wk 5	wk 9	wk 14	wk 18	wk 23	wk 27	wk 31	wk 36	wk 40
47	47	Cielos	1w, 2d	10/12/20	18/12/20										
48	48	Colocacion de armadura	1d	10/12/20	11/12/20										
49	49	Confeccion y colocacion de	1w	11/12/20	18/12/20										
50	50	Acabado	1d	18/12/20	18/12/20										
51	51	Techo	5M, 3w, 1d	21/08/20	15/02/21										
52	52	Bases	1w, 1d	21/08/20	31/08/20										
53	53	Estructura de techo	3w, 3d	08/12/20	01/01/21										
54	54	Clavadores	4d	01/01/21	07/01/21										
55	55	Cubierta	1M, 1w	07/01/21	15/02/21										
56	56	Louvers	2M, 1w	08/12/20	15/02/21										
57	57	Columnas metalicas	2d	08/12/20	10/12/20										
58	58	Vigas	1w, 1d	10/12/20	17/12/20										
59	59	Louvers	1d	15/02/21	15/02/21										
60	60	Arquitectonico	3M, 4w, 1d	02/11/20	03/03/21										
61	61	Paredes arq	1w, 1d	02/11/20	10/11/20										
62	62	Cielos	1w	18/12/20	25/12/20										
63	63	Colocacion de suspension	1d	18/12/20	22/12/20										
64	64	Colocacion de laminas	2d	22/12/20	23/12/20										
65	65	Aplicacion de pasta	2d	23/12/20	25/12/20										
66	66	Piso	1w, 2d	15/02/21	24/02/21										
67	67	Colocacion de piezas	4d	15/02/21	19/02/21										
68	68	Fraguado	3d	19/02/21	24/02/21										
69	69	Puertas	4d	24/02/21	01/03/21										
70	70	Portones	1d	01/03/21	02/03/21										
71	71	Ventanas	1d	02/03/21	03/03/21										
72	72	Marcos	1d	02/03/21	02/03/21										
73	73	Paneles de vidrio	1d	02/03/21	03/03/21										
74	74	Entrega	0d		03/03/21										

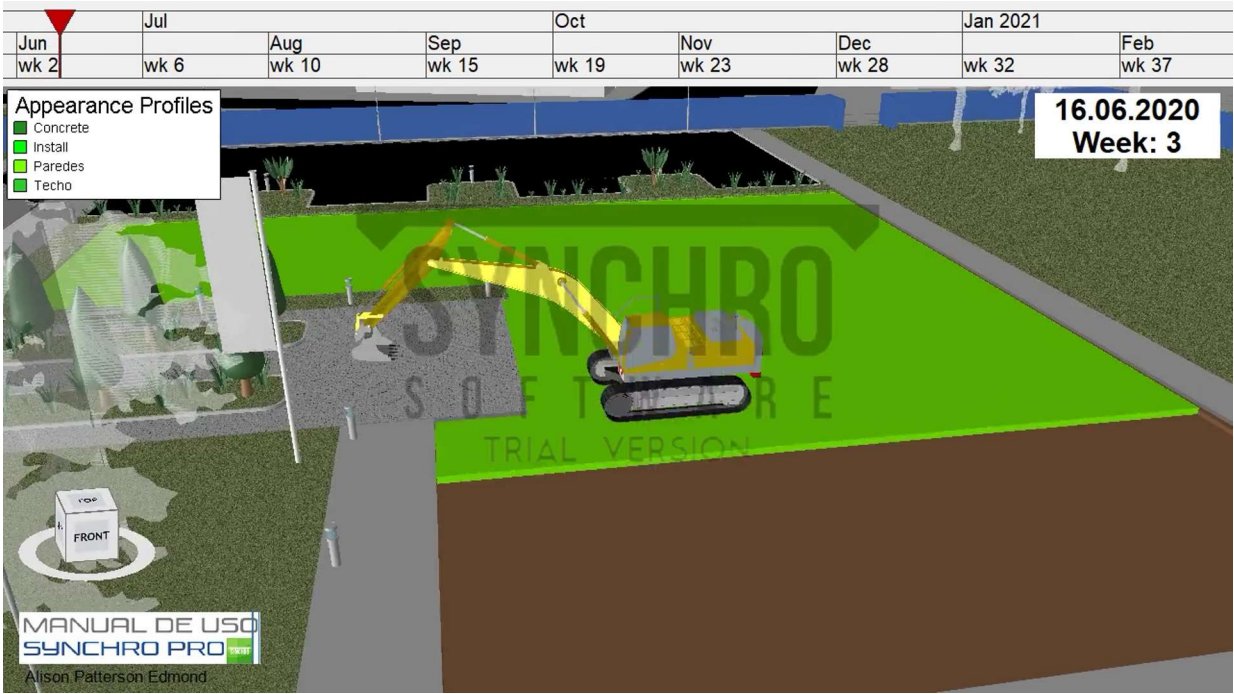
Project title	Caseta de Vigilancia	Dated	04/06/20	Drawn by	Alison Patterson	Programme No	Proyecto de Graduacion	MANUAL DE USO SYNCHRO PRO
Programme title	Manual de Uso de Synchro Pro	Rev No	01	Rev comments	Apendice 5			
Client	Instituto Nacional de Aprendizaje INA	Notes	Tecnologico de Costa Rica					
Printed: 04/06/20								

Apéndice 6

Capturas de la animación

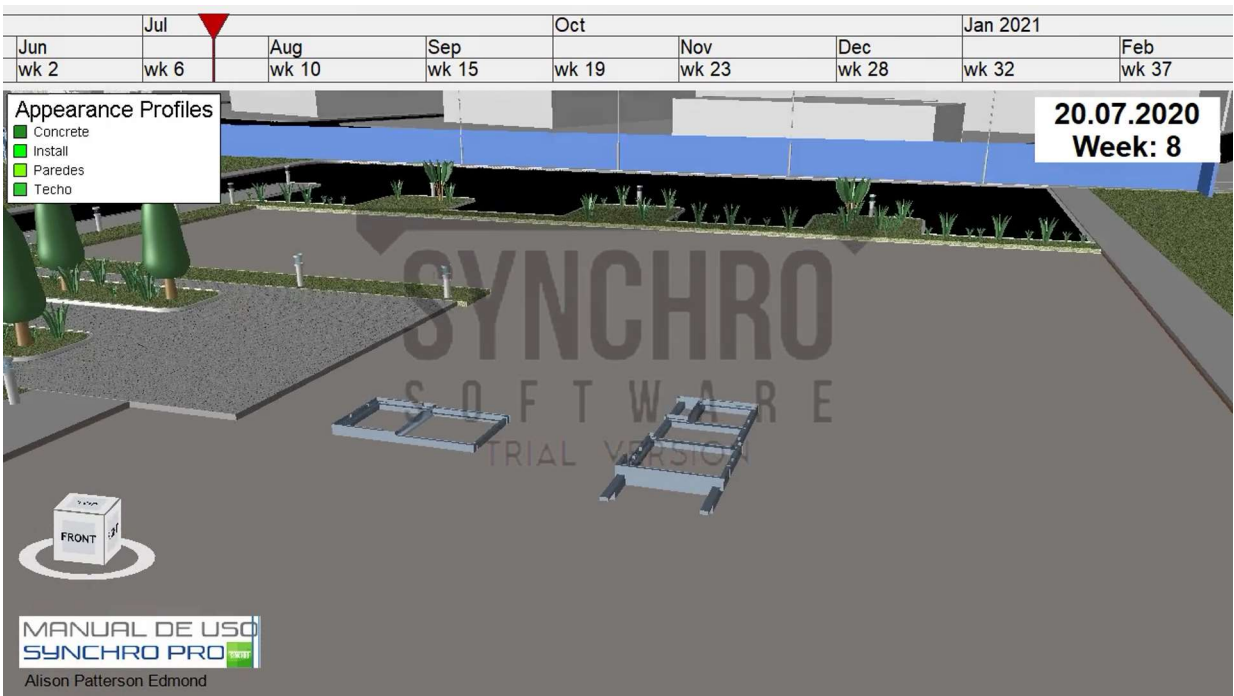
Excavación del terreno con excavadora

Estado: Excavación en proceso



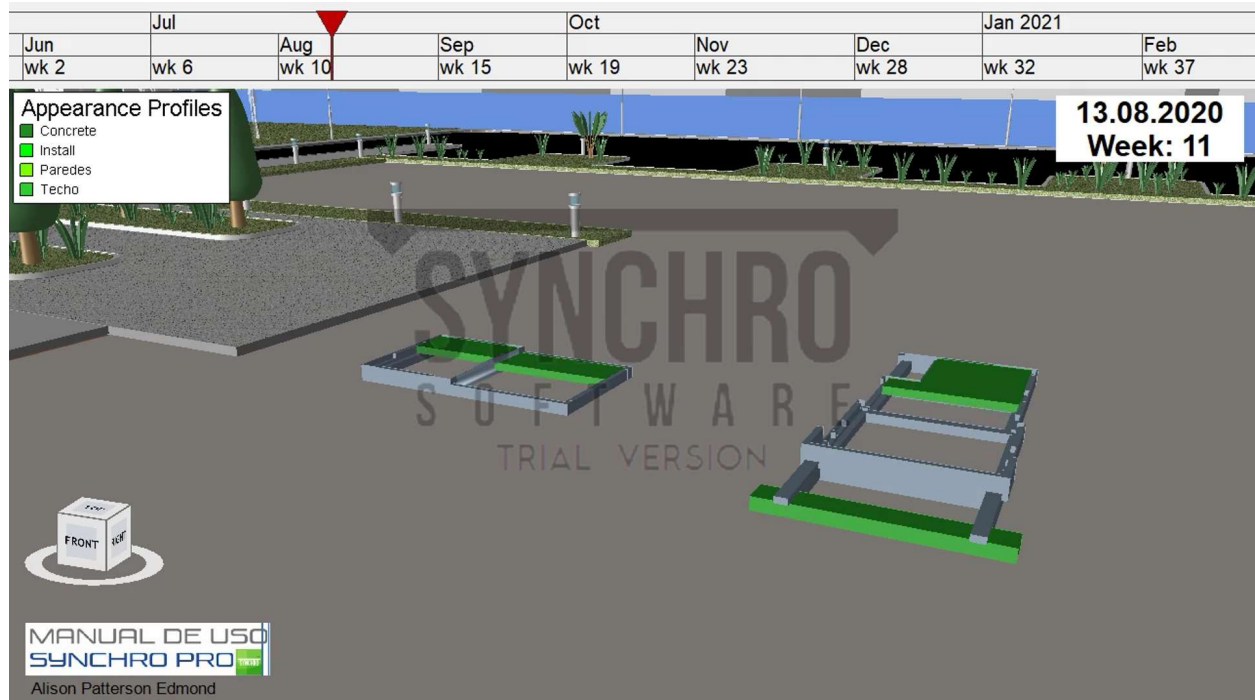
Construcción de los cimientos

Estado: Cimiento en construidos



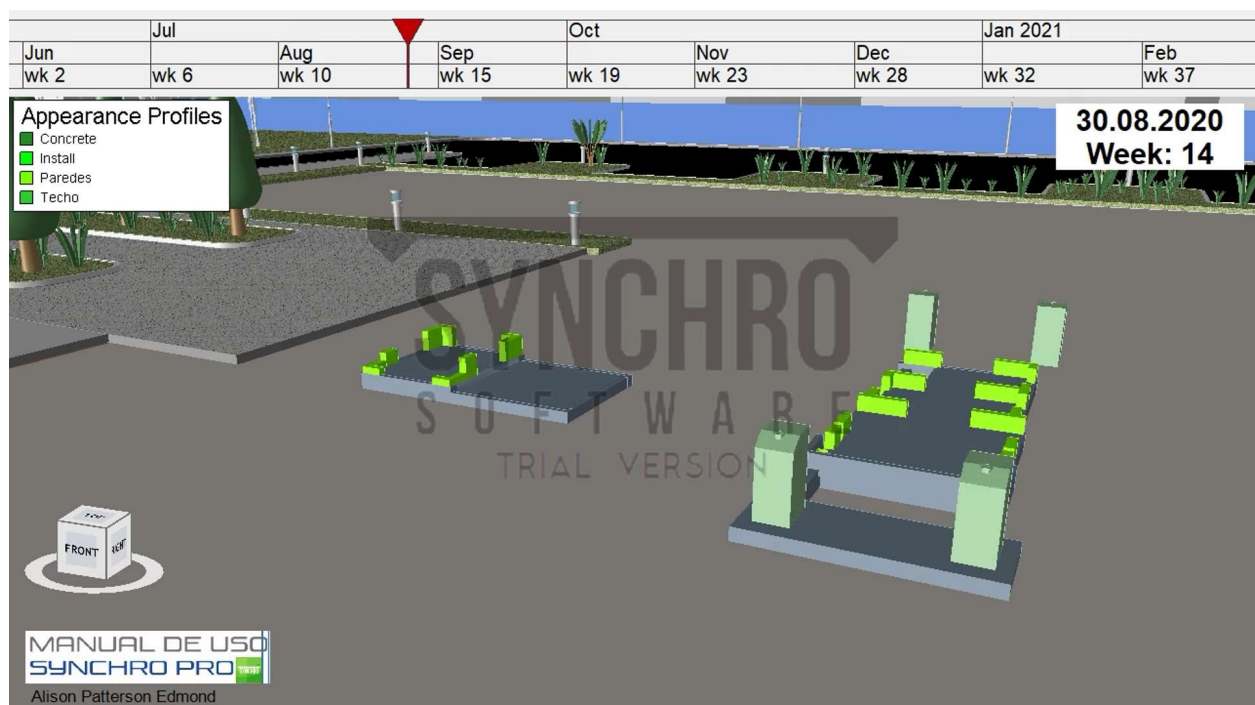
Construcción del contrapiso

Estado: Contrapiso en proceso y cimientos finalizados



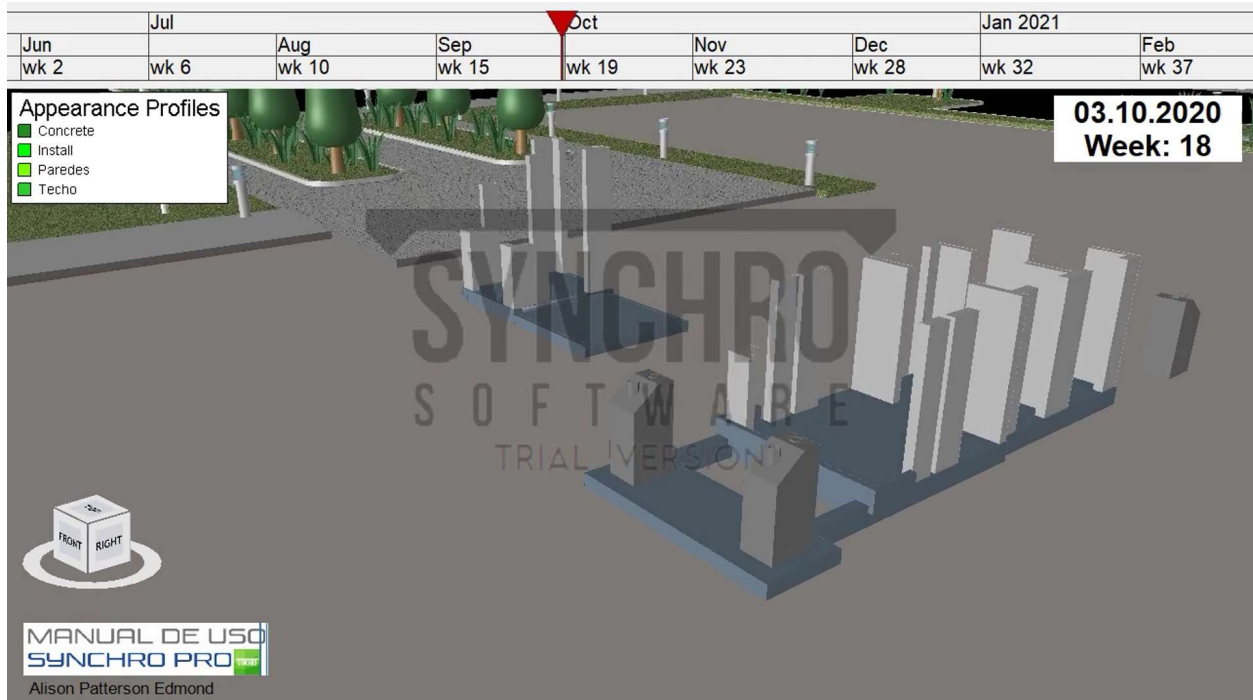
Construcción de columnas, paredes y bases para estructura de techo

Estado: Paredes y bases en proceso y contrapiso finalizado



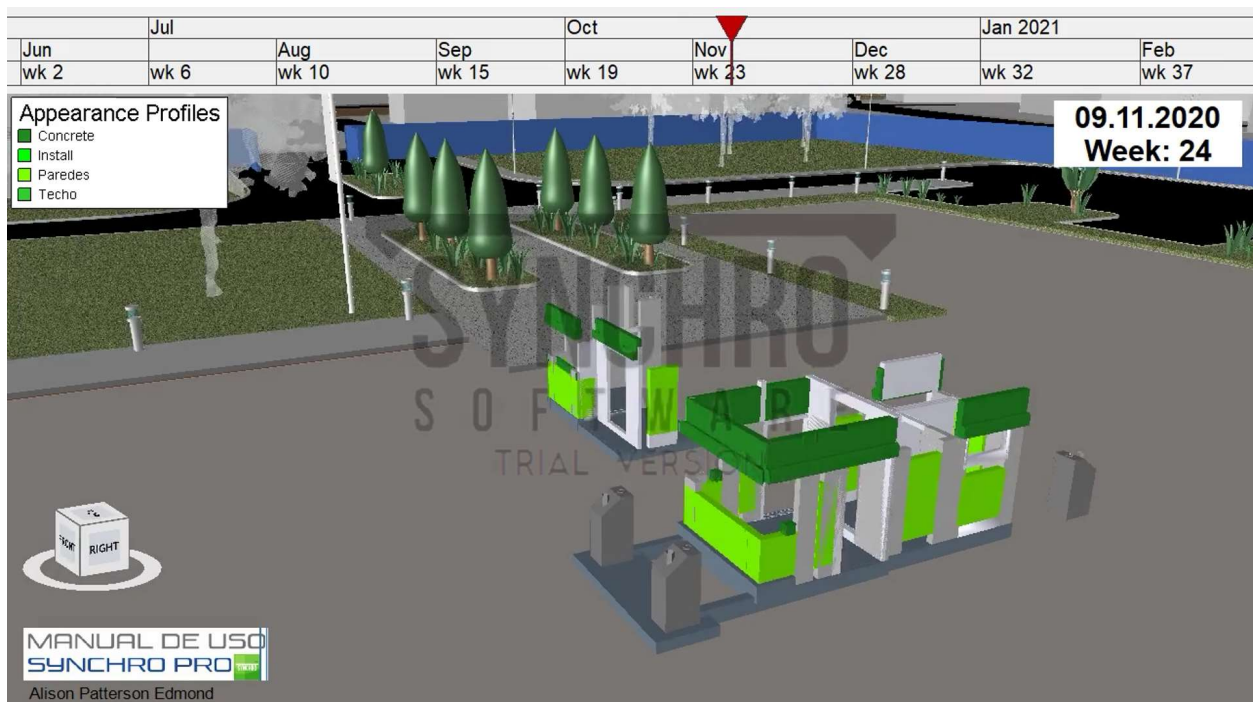
Columnas y paredes

Estados: Columnas, paredes y bases finalizados



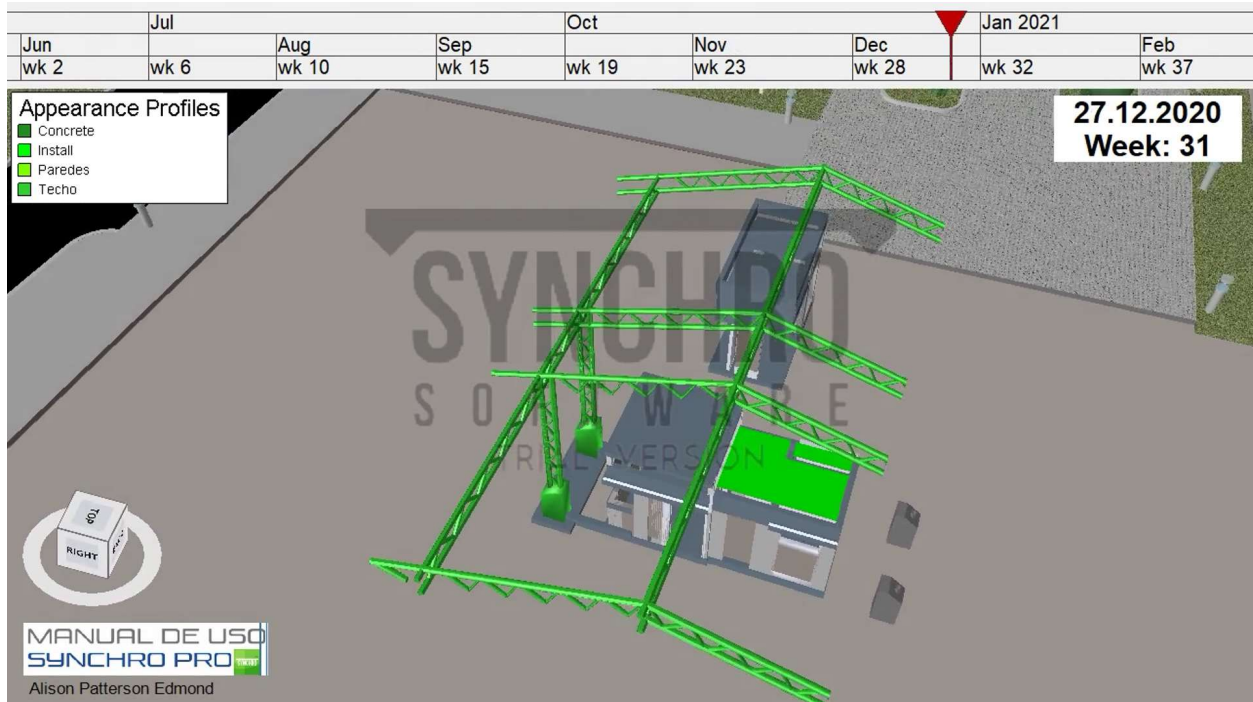
Construcción de vigas y paredes

Estado: Vigas y paredes en proceso



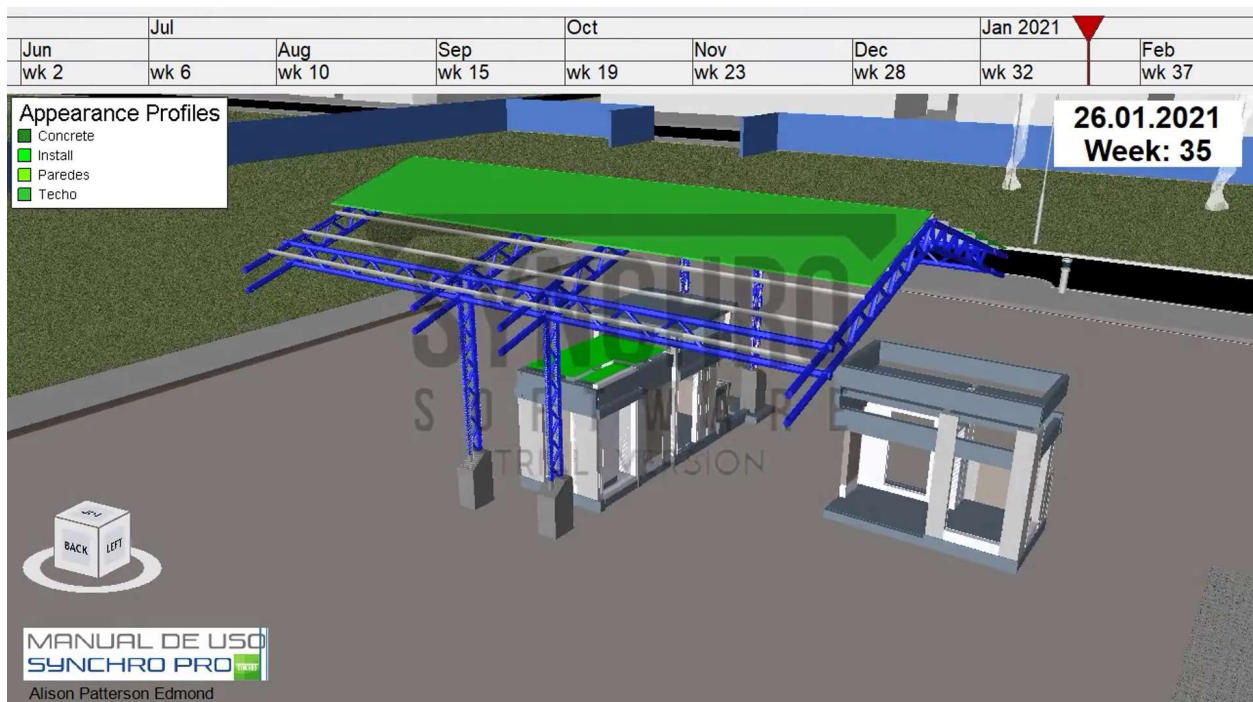
Construcción de estructura de techo y cielo raso

Estado: Estructura de techo y cielo raso en proceso y vigas y paredes finalizados



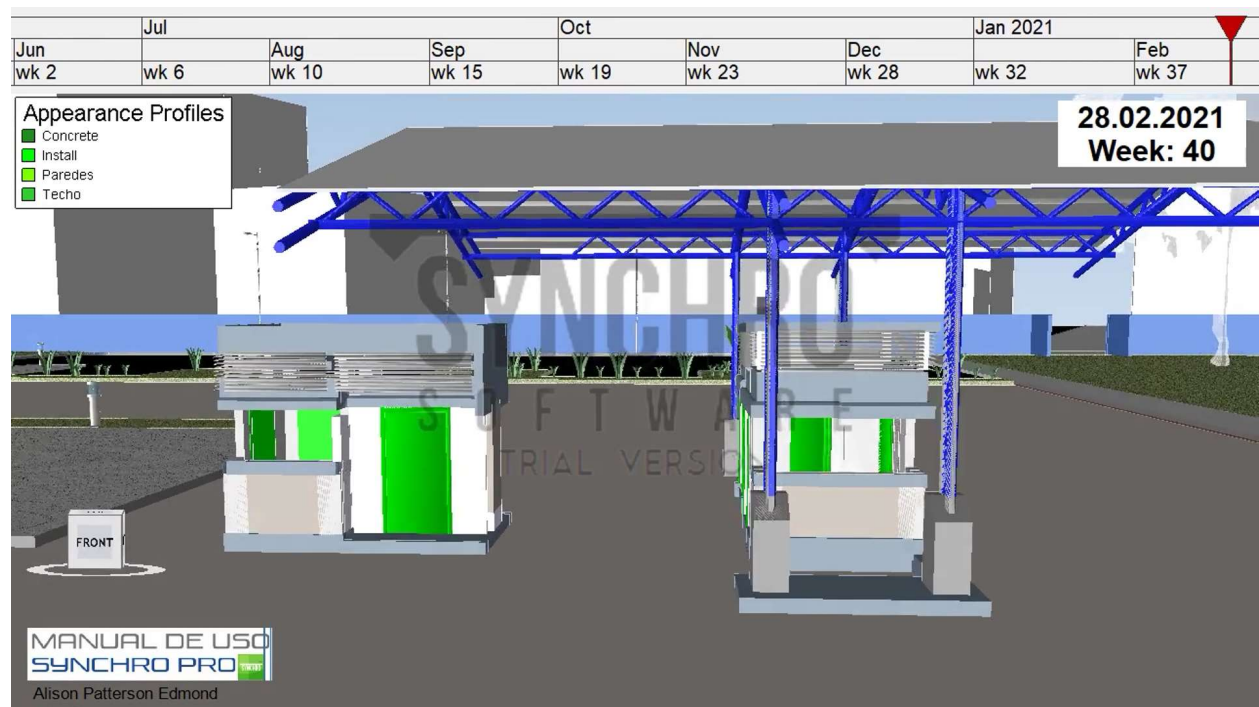
Colocación de cubierta

Estado: Cubierta en proceso y estructura de techo y cielo raso finalizado



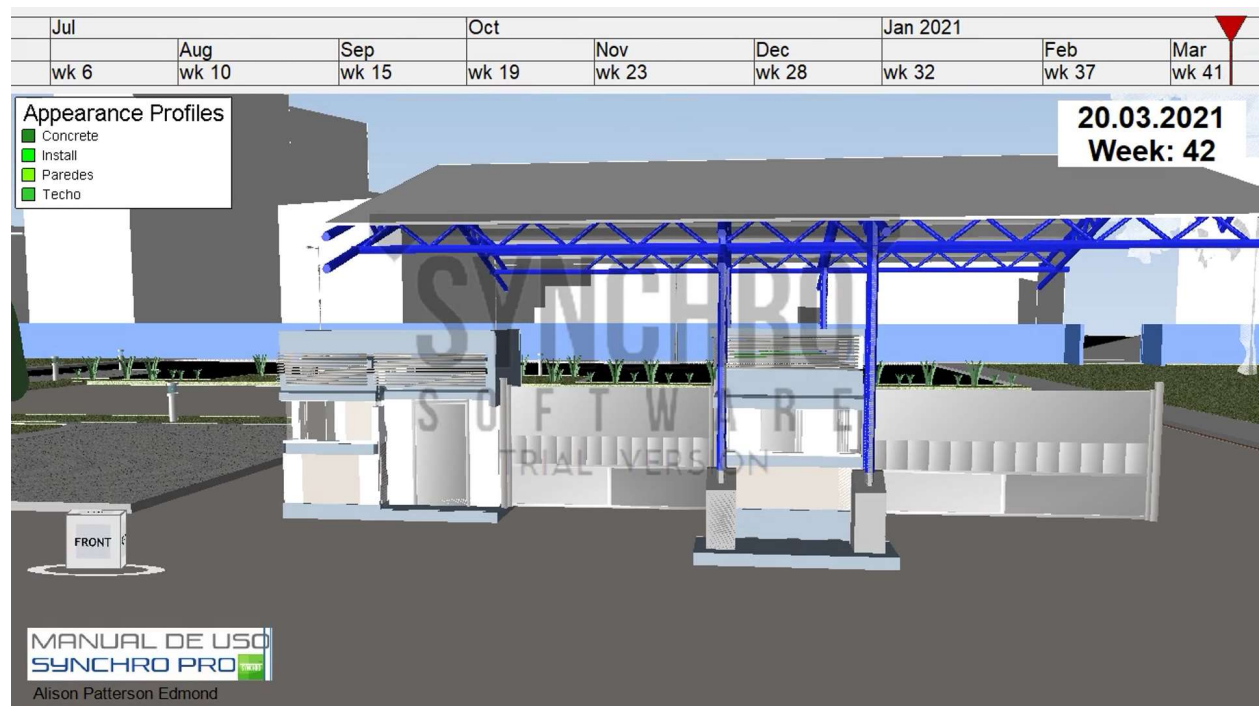
Colocación de puertas y ventanas

Estado: Puertas y ventanas en proceso y cubierta finalizada



Proyecto finalizado

Estado: Puertas, ventanas y portones finalizado



Apéndice 7. Informe de cronograma

Synchro Schedule Health Check

	Test	Description	Goal	Result
1	Missing Logic	Tasks without predecessors or successors	< 5%	3.64%
2	Leads	Relationships with negative lag	0%	0.00%
3	Lags	Relationships with positive lag	< 5%	0.00%
4	Relationship Types	Relationships other than FS type	< 10%	0.00%
5	Hard Constraints	Incomplete tasks with hard constraints	< 5%	0.00%
6	High Float	Incomplete tasks with at least 44 days float	< 5%	80.00%
7	Negative Float	Incomplete tasks with negative downstream float	0%	0.00%
8	High Duration	Incomplete tasks with at least 44 days duration	< 5%	0.00%
9	Invalid Dates	Tasks with forecasted dates before the Data Date and/or actual dates past the Data Date	< 1	0
10	Missing Resources	Incomplete tasks without scheduling resource assignments	N/A	89.09%
11	Missed Tasks	Tasks with actual finish dates later than baseline plan finish dates	< 5%	N/A
12	Critical Path Test	Checks critical path integrity	N/A	N/A
13	Critical Path Length Index	Ratio of critical path length + total float to the critical path length	>= 0.95	1.00
14	Baseline Execution Index	Ratio of the number of tasks completed to the number that should have been completed against the baseline	>= 0.95	N/A

ID	Name	Value
1: Missing Logic		
02	Inicio	
74	Entrega	
6: High Float		
02	Inicio	4M, 1w
04	Limpieza inicial	4M, 1w
05	Trazado	4M, 1w
06	Excavacion	4M, 1w
09	Confeccion de armaduras	5M, 3w, 4d
10	Colocacion de armaduras	5M, 3w, 4d
11	Confeccion y colocacion de concreto	5M, 3w, 4d
12	Relleno	5M, 3w, 4d
14	Confeccion de armaduras	3M, 1w, 1d
15	Colocacion de armaduras	3M, 1w, 1d
16	Colocacion de encofrado	3M, 1w, 1d

ID	Name	Value
6: High Float		
17	Confeccion y colocacion de concreto	3M, 1w, 1d
18	Desencofrado	3M, 1w, 1d
20	Colocacion de acero	2M, 1w, 4d
21	Pega de bloques	2M, 1w, 4d
22	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 1w, 4d
25	Confeccion de armaduras	2M, 2d
26	Colocacion de armaduras	2M, 2d
27	Colocacion de encofrado	2M, 2d
28	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 2d
29	Desencofrado	2M, 2d
31	Confeccion de armaduras	2M, 3d
32	Colocacion de armaduras	2M, 3d
33	Colocacion de encofrado	2M, 3d
34	Confeccion y colocacion de concreto	2M, 3d
35	Desencofrado	2M, 3d
37	Confeccion de armaduras	3M, 2w
38	Colocacion de armaduras	3M, 2w
39	Colocacion de encofrado	3M, 2w
40	Confeccion y colocacion de concreto	3M, 2w
41	Desencofrado	3M, 2w
44	Colocacion de lastre	4M, 2w, 1d
45	Confeccion y colocacion de concreto	4M, 2w, 1d
46	Acabado	3M, 2w
48	Colocacion de armadura	3M, 3d
49	Confeccion y colocacion de concreto	3M, 3d
50	Acabado	3M, 3d
52	Bases	4M, 2w, 1d
57	Columnas metalicas	2M, 4w, 1d
58	Vigas	2M, 4w, 1d
61	Paredes arq	4M, 4d
63	Colocacion de suspension	2M, 4w
64	Colocacion de laminas	2M, 4w
65	Aplicacion de pasta	2M, 4w
10: Missing Resources		
05	Trazado	
06	Excavacion	
09	Confeccion de armaduras	
10	Colocacion de armaduras	
12	Relleno	
14	Confeccion de armaduras	
15	Colocacion de armaduras	

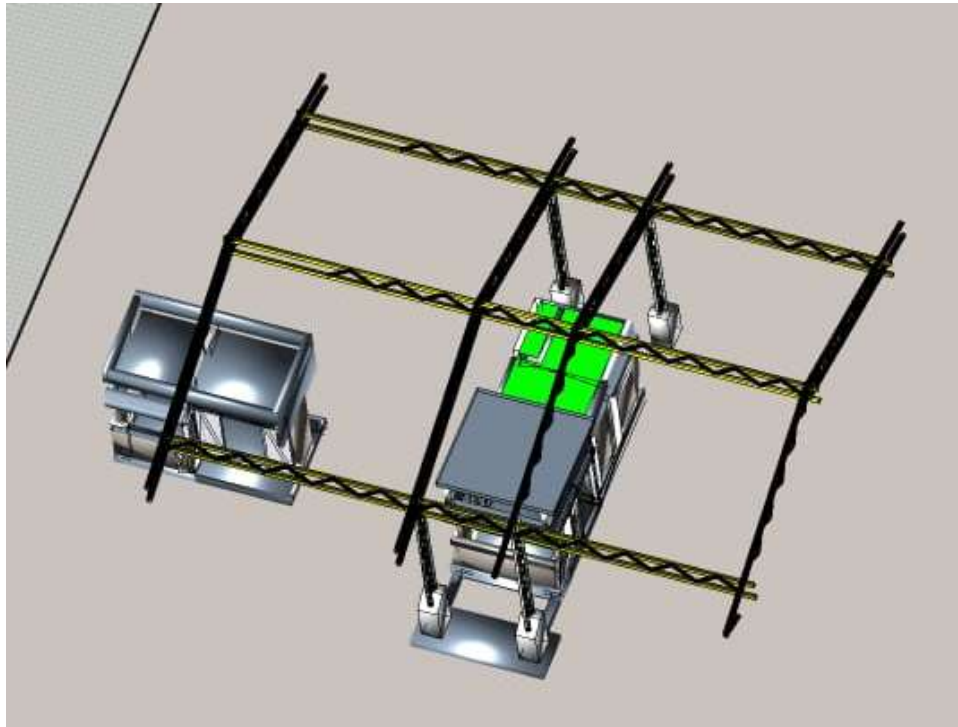
ID	Name	Value
10: Missing Resources		
16	Colocacion de encofrado	
17	Confeccion y colocacion de concreto	
18	Desencofrado	
20	Colocacion de acero	
21	Pega de bloques	
22	Confeccion y colocacion de concreto	
25	Confeccion de armaduras	
26	Colocacion de armaduras	
27	Colocacion de encofrado	
28	Confeccion y colocacion de concreto	
29	Desencofrado	
31	Confeccion de armaduras	
32	Colocacion de armaduras	
33	Colocacion de encofrado	
34	Confeccion y colocacion de concreto	
35	Desencofrado	
37	Confeccion de armaduras	
38	Colocacion de armaduras	
39	Colocacion de encofrado	
40	Confeccion y colocacion de concreto	
41	Desencofrado	
44	Colocacion de lastre	
45	Confeccion y colocacion de concreto	
46	Acabado	
48	Colocacion de armadura	
49	Confeccion y colocacion de concreto	
50	Acabado	
52	Bases	
53	Estructura de techo	
54	Clavadores	
55	Cubierta	
57	Columnas metalicas	
58	Vigas	
59	Louvers	
61	Paredes arq	
63	Colocacion de suspension	
64	Colocacion de laminas	
65	Aplicacion de pasta	
69	Puertas	
70	Portones	
72	Marcos	

ID	Name	Value
10: Missing Resources		
73	Paneles de vidrio	

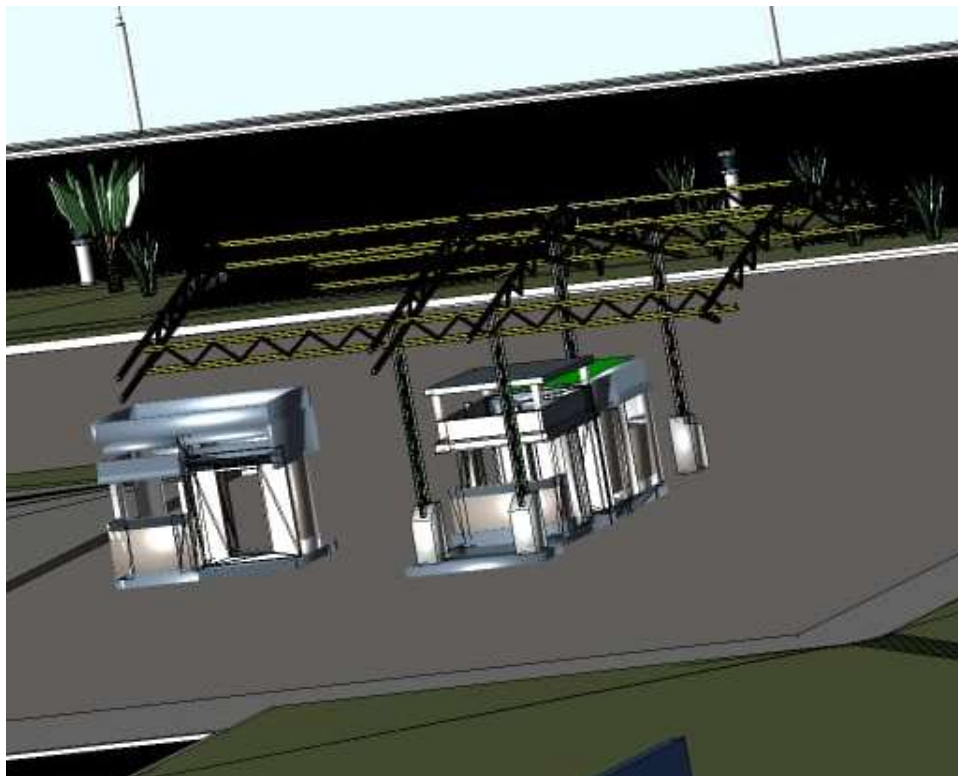
Apéndice 8

Capturas de la PDF 3D

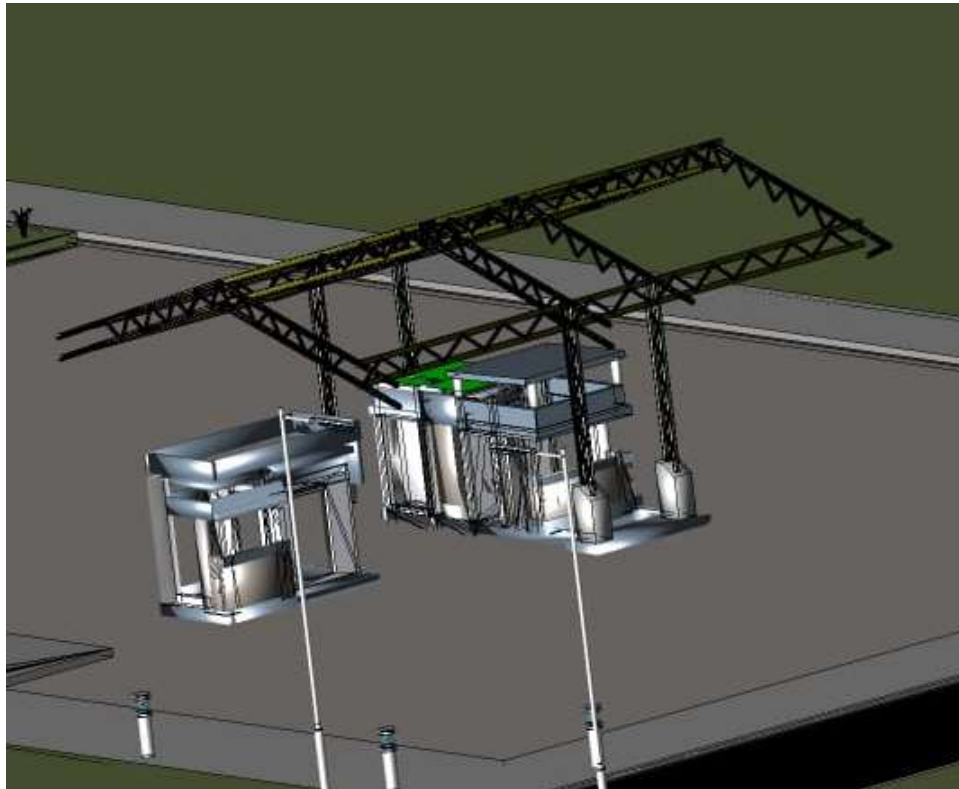
Construcción de la estructura de techo



Construcción de la estructura de techo



Construcción de la estructura de techo



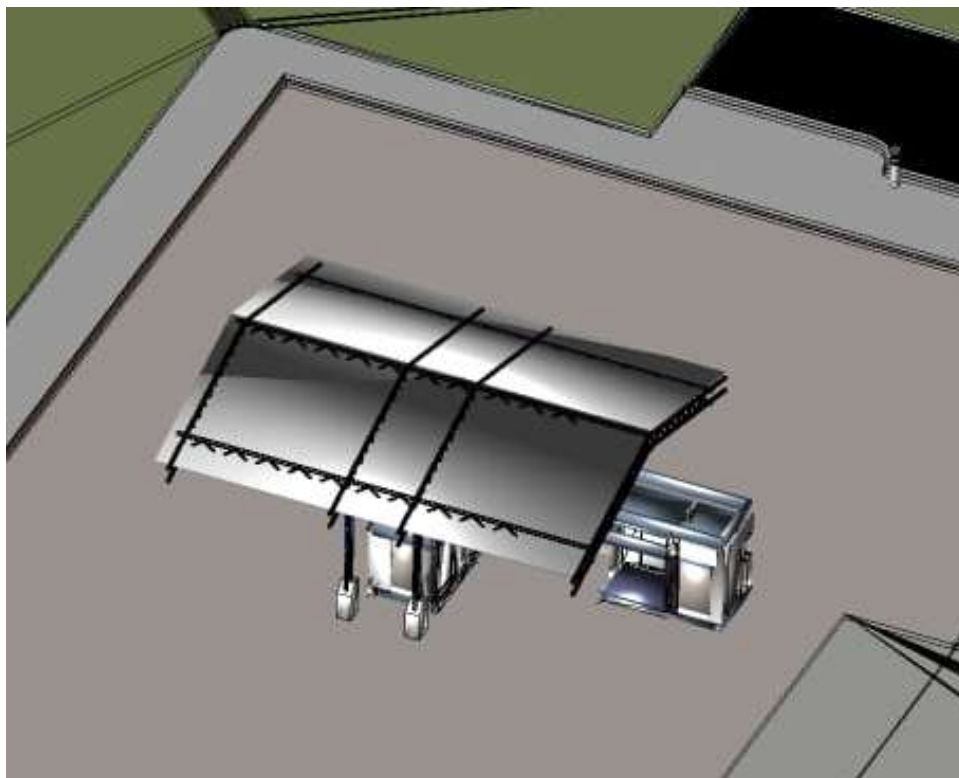
Proyecto finalizado



Proyecto finalizado



Proyecto finalizado



Anexos

En este capítulo se muestran los anexos utilizados como base para el desarrollo del proyecto. Se adjuntan como anexos en las siguientes producciones:

- Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra enlistados por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA).
- Anexo 2. Proceso de modelado 4D. Información brindada por Johnny Mora, manager de la empresa Blue AEC Studio.

Anexo 1

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO PROMEDIO (H-H)
Trabajos preliminares	m2	
Limpieza del terreno	m2	0,745
Nivelación y trazado	m2	
Trazado y nivelación	m2	0,649
Placa corrida	m3	
Excavación manual (arcilla)	m3	5,666
Preparación de armadura	kg	0,200
Colocación de armadura	kg	0,102
Confección y colocación de concreto	m3	4,570
Relleno con material de sitio	m3	4,990
Placas aisladas	un	
Excavación manual	m3	5,666
Preparación de armadura	kg	0,200
Colocación de armadura	kg	0,102
Confección y colocación de concreto	m3	4,570
Relleno con material de sitio	m3	4,990
Paredes de bloques de concreto	m2	
Colocación de acero	kg	0,154
Pega de bloques de concreto	m2	0,808
Confección y colocación de concreto	m3	3,622
Mocheta tipo 2	un	
Colocación de acero	kg	0,154
Confección y colocación de concreto	m3	3,622
Mocheta tipo 3	un	
Colocación de acero	kg	0,154
Confección y colocación de concreto	m3	3,622
Mocheta tipo 4	un	
Colocación de acero	kg	0,154
Confección y colocación de concreto	m3	3,622
Columnas rectangulares en pared de bloques	m3	
Preparación de armadura	kg	0,174
Preparación y colocación de formaleta	m2	2,538
Colocación de armadura	kg	0,350
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,969
Desencofrado	m2	1,104
Columnas circulares	m3	
Preparación de armadura	kg	0,180
Preparación y colocación de formaleta	m2	3,000
Colocación de armadura	kg	0,362
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,969
Desencofrado	m2	1,104
Viga corona	m3	
Preparación de armadura	kg	0,180
Preparación y colocación de formaleta	m2	3,490
Colocación de armadura	kg	0,209
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,813
Desencofrado	m2	1,547
Viga banquina	m3	
Preparación de armadura	kg	0,208
Preparación y colocación de formaleta	m2	3,109
Colocación de armadura	kg	0,200
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,813
Desencofrado	m2	1,547

Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra

Fuente: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO
Viga cargador	m3	(H-H)
Preparación de armadura	kg	0,172
Preparación y colocación de formaleta	m2	3,340
Colocación de armadura	kg	0,209
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,813
Desencofrado	m2	1,547
Tapichel	m2	
Colocación de acero	kg	0,154
Pega de bloques de concreto	m2	0,836
Confección y colocación de concreto	m3	3,622
Viga tapichel	m3	
Preparación de armadura	kg	0,175
Preparación y colocación de formaleta	m2	3,490
Colocación de armadura	kg	0,209
Fabricación y colocación de concreto	m3	4,813
Desencofrado	m2	1,547
Entrepiso RT	m2	
Colocación de estructura RT	m2	2,840
Preparación y colocación de lámina HG	m2	0,946
Preparación y colocación de armadura	m2	2,323
Fabricación y colocación de concreto	m3	6,854
Estructura de techo en madera	m2	
Fabricación de cerchas de madera	un	2,941
Colocación de cerchas de madera	un	1,513
Cubierta de hierro galvanizado	m2	
Colocación de láminas de HG	m2	0,447
Cubierta metálica tipo teja	m2	
Colocación de láminas	m2	0,811
Precinta	m2	
Emplantillado	m2	1,384
Colocación de fibrolit	m2	1,119
Hojalatería	ml	
Colocación de canoas	ml	0,985
Colocación de botaguas	ml	0,713
Colocación de cumbrera	ml	0,970
Colocación de limahoya	ml	1,031
Colocación de bajantes	un	1,104
Repello y afinado de paredes	m2	
Pringado de paredes	m2	0,285
Mastreado y repello	m2	0,689
Afinado	m2	0,159
Contrapiso	m2	
Colocación de base de lastre	m3	5,424
Confección y colocación de concreto	m3	4,844
Acabado	m2	0,086

Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra

Fuente: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO
Cielos de fibrolit		
	m2	
Emplantillado	m2	1,384
Colocación de fibrolit	m2	1,119
Cielos de gypsum		
	m2	
Colocación de suspensión metálica	m2	0,880
Colocación láminas de gypsum	m2	1,222
Aplicación de pasta	m2	1,038
Cielos de tablilla		
	m2	
Emplantillado	m2	0,584
Cielo de tablilla	m2	2,249
Pisos de cerámica		
	m2	
Colocación de cerámica	m2	0,824
Fraguado	m2	1,197
Divisiones de fibrolit		
	m2	
Emplantillado de madera	m2	1,563
Colocación de fibrolit	m2	1,569
Enchapes de azulejo		
	m2	
Colocación de azulejo	m2	0,834
Fraguado	m2	1,189
Rodapié y corniza		
	ml	
Instalación de corniza	ml	0,093
Instalación de rodapié	ml	0,083
Puertas externas		
	un	
Colocación de marcos de madera	ml	0,474
Acabado de marco	ml	0,314
Colocación de puerta	un	3,158
Colocación de cerrajería	un	0,812
Puertas internas		
	un	
Colocación de marcos de madera	ml	0,474
Acabado de marco	ml	0,314
Colocación de puerta	un	2,651
Colocación de cerrajería	un	0,812
Ventanas y herrajes		
	m2	
Fabricación y colocación de marcos de madera	ml	0,474
Instalación de agua potable		
	ml	
Zanjas p/colocación tuberías	ml	1,244
Colocación de tuberías	ml	0,142
Previstas	un	5,610
Colocación de accesorios	un	0,237

Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra

Fuente: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO
Instalación sanitaria		
Zanjas p/colocación tuberías	ml	1,384
Colocación de tuberías	ml	1,183
Previstas	un	3,578
Colocación de accesorios	un	0,619
Piezas sanitarias		
m2		
Colocación de piezas sanitarias	un	5,036
Colocación de accesorios	un	1,017
Tanque séptico		
un		
Excavación manual	m3	5,186
Confección y colocación de armadura	kg	0,323
Paredes de bloques de concreto	m2	0,846
Confección de tapa	un	1,878
Chorrea de losa superior	m3	4,609
Relleno	m3	4,047
Drenaje		
ml		
Excavación	m3	4,534
Colocación de tubería perforada	ml	1,001
Colocación de piedra	m3	4,098
Colocación de polietileno	m2	0,247
Relleno y compactación con material de sitio	m3	5,033
Instalación pluvial		
ml		
Colocación de bajantes y accesorios	ml	2,062
Colocación de parrillas	un	0,282
Acometida principal eléctrica		
un		
Colocación de tuberías	ml	0,296
Colocación de tablero e instalación de disyuntores	un	12,988
Cableado eléctrico	ml	0,109
Tubería eléctrica, cableado		
ml		
Colocación de tuberías y accesorios	ml	0,302
Cableado eléctrico	ml	0,097
Iluminación		
un		
Instalación de luces	un	0,647
Tomacorrientes		
un		
Instalación de tomas	un	0,520
Cajas de registro		
un		
Excavación	m3	3,497
Construcción de caja	un	1,533
Pintura y acabados		
m2		
Pintura acrílica a una mano	m2	0,419
Pintura de aceite a dos manos	m2	0,836

Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra

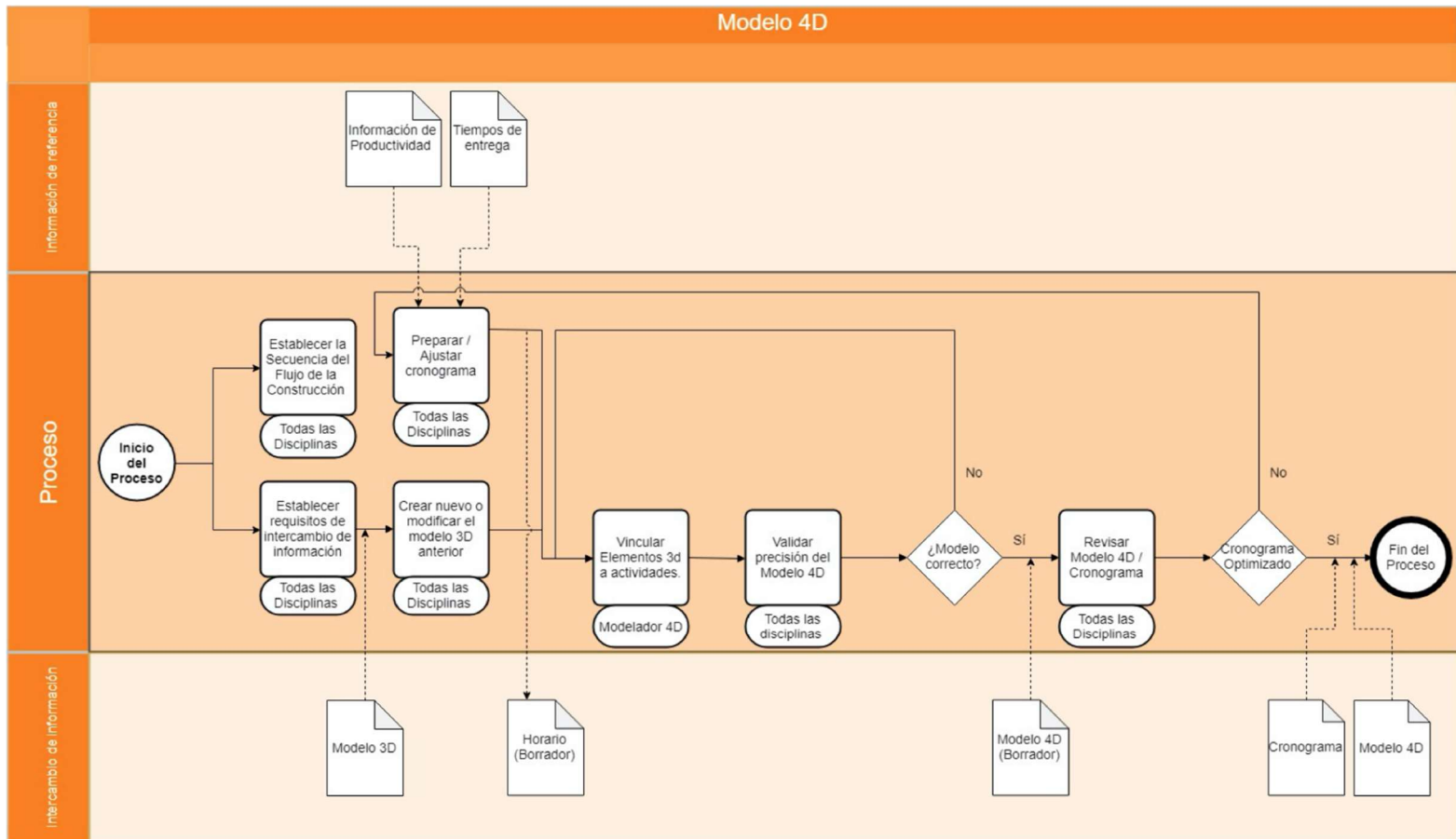
Fuente: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)

ACTIVIDAD	UNIDAD	RENDIMIENTO
Tapias		
	ml	
Excavación manual	m3	3,777
Preparación de armadura	kg	0,323
Colocación de armadura de fundación	kg	0,102
Confección y colocación de concreto p/fundación	m3	4,570
Colocación de acero en tapia	kg	0,154
Colocación de bloques de concreto en tapia	m2	1,154
Colocación de acero en elementos de borde	kg	0,248
Confección y colocación de formaleta en elementos de borde	m2	2,538
Confección y colocación de concreto en elementos de borde	m3	5,289
Aceras		
	m2	
Nivelación de terreno	m2	0,402
Confección y colocación de concreto	m3	5,728
Acabado con escoba	m2	0,268
Enzacatado		
	m2	
Colocación zacate	m2	1,675

Anexo 1. Tasa de trabajo de rendimientos de mano de obra

Fuente: Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA)

Anexo 2



Anexo 2. Proceso de modelado 4D

Referencias

AEC-on Soluciones (2015) Webinar Synchro PRO, BIM 4D para Planificación, Construcción y Project Management. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=0AtHB34UlfA&t=2776s>

Autodesk. (2020) What is Navisworks? Autodesk knowledge. Recuperado de: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/navisworks-products/troubleshooting/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/ESP/What-is-Navisworks.html>

Autodesk. (2020) Revit for structural engineering. Recuperado de: <https://www.autodesk.com/products/revit/structure>

Autodesk A360. (2020) ¿Qué es A360? Help Autodesk. Recuperado de: <http://help.autodesk.com/view/ADSK360/ESP/?guid=GUID-20B332B9-B8B7-4C22-81C0-C90FB8F781E9>

Autodesk BIM 360. (2020) Connect, organize, and optimize your projects. Construction Management Software. Autodesk. Recuperado de: <https://www.autodesk.com/bim-360/>

Bentley Systems (s.f.) Bentley - Soluciones de software de arquitectura e ingeniería. Recuperado de: <https://www.bentley.com/es>

BibLus (2020) Las dimensiones del BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. ACCA software S.p.A. Recuperado de: <http://biblus.accasoftware.com/es/las-dimensiones-del-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>

BIM Barcelona (2017) Synchro. La gestión y el control. Manteniment Sostenible Integral S.L. Recuperado de: <https://www.bimbarcelona.com/synchro-gestion-y-control/>

BIM Collab Zoom (2019) BIMcollab Zoom. Recuperado de: <https://www.bimcollab.com/en/Products/zoom>

BIM Forum Costa Rica (s.f.) ¿Qué es BIM Forum Costa Rica? Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/BimForum>

BIM Track (s.f.) ¿Qué es BIM Track? Recuperado de: <https://bimtrack.co/es>

- Blue AEC Studio. (s.f.) Somos BLUE. Recuperado de: <https://blueaecstudio.com/>
- Braul, A. y Rios, R. (2018) Automatización en la elaboración del presupuesto y calendario valorizado a nivel de casco estructural en la etapa de licitación de un proyecto de edificación. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12106/BRAUL_MORENO_PRESUPUESTO_PROYECTO_EDIFICACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Building SMART. (2016). ¿Qué es BIM? Obtenido de Building SMART: <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Calvo, R. (2007) Rendimientos de la mano de obra por horas-hombre en el área de construcción de viviendas para la empresa constructora MAVACON. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Construcción. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6146>
- Candelario Garrido, A. Cordero Torres, P. y Reyes Rodríguez, A. (2016) BIM: diseño y gestión de la construcción. Anaya Multimedia.
- Choclán Gámez, F. (2017) Definición de Roles en Procesos BIM. SG2.3. GT2: Personas. es.BIM. Recuperado de: <http://bim.tecniberia.es/wp-content/uploads/2016/11/GT2-Personas-SG2.3-Roles.pdf>
- Construsoft (s.f.) Soluciones BIM para la construcción. Recuperado de: <https://www.construsoft.es/soluciones-bim/>
- DeWitt, S (2016) Synchro 4D Introductory Tutorial. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=UQu-QHkb6AU>
- Eastman, C. et al. (2011) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Stanford: AEC bytes.
- Fahmi, D. (2012) Synchro or Navisworks for Project Management. Café BIM. Recuperado de: <https://blog.cafebim.com/synchro-or-navisworks-for-project-management-5244bcee2ae>
- Ferrater, S. [Zigurat Global Institute of Technology] (2017) Synchro 4D BIM Planning BIM Avanzado Para Gestión De Proyectos De Construcción. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=SnKrRxyooCU>
- Fischer, M., & Tatum, C. B. (1997). Characteristics of design-relevant constructability knowledge. Journal of construction engineering and management, 123(3), 253-260.

- Hamid, T & Mahdmina, A & Zulu, S. (2018). Proceedings of the 7th International congress of architectural technology (ICAT 2018): architectural technology at the interfaces.
- Instituto Americano de Arquitectos (2007) Integrated Project Delivery: A Guide. Version 1. Recuperado de: http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd_guide_2007.pdf
- Ministerio de planificación Nacional y Política Económica (Mideplan) del país (2020) Metodología BIM modernizara la construcción de infraestructura pública. Recuperado de: <https://www.mideplan.go.cr/metodologia-bim-modernizara-la-construccion-de-infraestructura-publica>
- National Building Information Model Standard Project Committee (2019) WHAT IS A BIM? National Institute of Building Sciences. (NBIMS) United States. Recuperado de: <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>
- Ortega, B. (2017) Roles en procesos BIM. Espacio BIM. Recuperado de: <https://www.espaciobim.com/roles-procesos-bim/>
- Rojas Ballesteros, R. (2018) Aplicaciones del BIM para la resolución de incongruencias en el diseño del proyecto Santa Ana Country Club. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería en Construcción. Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10480>
- SYNCHRO Construction (2019) SYNCHRO Pro Training By Topic. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLwivaFFXYOsFl6S2anPYFxoLgPC2uZsJ>
- Vera Galindo, C. (2018) Aplicación de la metodología BIM a un proyecto de construcción de un corredor de transporte para un complejo industrial. Modelo BIM 5D costes. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.
- Villamor, M. [AEC-on] (2015) Webinar Synchro PRO, BIM 4D para Planificación, Construcción y Project Management. [Archivo de video]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=0AtHB34UlfA>