

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Análisis y simulación de los flujos del trabajo colaborativo en la
planificación, diseño y ejecución de un modelo a escala reducida mediante
la metodología BIM**

Trabajo de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Dani Morales González

Director de proyecto de Graduación

Erick Mata Abdelnour

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación



Director: Erick Mata Abdelnour



Asesor: Mauricio Jiménez Bolaños



Asesor: Allan Rojas Ramírez



Estudiante: Dani Morales González

Derechos de propiedad intelectual

Fecha: 7 de marzo del 2022

El suscrito, Dani Morales González, cédula 2-0707-0685,

estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **B34676**, manifiesta que es autor (a) del Proyecto Final de Graduación **Análisis y simulación de los flujos del trabajo colaborativo en la planificación, diseño y ejecución de un modelo a escala reducida mediante la metodología BIM,** bajo la dirección del **PhD, Ing. Erick Mata Abdelnour,** quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación. Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N.º 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

Para mi madre María Auxiliadora, la cual es una de las personas más importantes en mi vida y siempre estuvo conmigo cuando más la necesite, alentándome y apoyándome.

A mi familia que siempre creyó en mí, a mis hermanos que siempre me apoyaron, en especial a Miller.

Por último, a Mengueche la mascota de la casa, que muchas veces fue mi compañero mientras me desvelada en la realización de trabajos.

Agradecimientos

A Dios por darme la capacidad para poder estudiar esta carrera.

A mis amigos que siempre me ayudaron en el proceso universitario. En especial a Jorge Rodríguez y Juan Carlos Pérez que aportaron un granito de arena en este proyecto.

Al Ing. Erick Mata, Ing. Mauricio Jiménez e Ing. Allan Rojas que me ayudaron cuando lo requerí, para la realización de este proyecto.

Tabla de contenido

Glosario de abreviaturas	xii
RESUMEN.....	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.1.1. <i>Problema específico</i>	1
1.1.2. <i>Importancia</i>	3
1.1.3. <i>Antecedentes teóricos y prácticos del problema</i>	4
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	7
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	7
1.3. Delimitación del problema.....	8
1.3.1. <i>Alcance</i>	8
1.3.2. <i>Limitaciones</i>	9
1.4. Metodología.....	9
1.4.1. <i>Etapa I: Investigación Bibliográfica</i>	11
1.4.2. <i>Etapa II: Exploración</i>	11
1.4.3. <i>Etapa III: Planificación</i>	11
1.4.4. <i>Etapa IV: Modelación y simulación</i>	11
1.4.5. <i>Etapa VI: Construcción y simulación</i>	11
1.4.6. <i>Etapa VII: Informe Final</i>	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Modelación de la información de construcción (Building Information Modeling)	12
2.1.1. <i>Etapas de un proyecto BIM</i>	14
2.1.2. <i>BIM Execution Plan (BEP)</i>	16
2.1.3. <i>Usos BIM</i>	18

2.1.4. Roles BIM.....	19
2.2. Software Autodesk Construction Cloud.....	20
2.2.1. Plataformas del ACC	22
2.3. Trabajo Colaborativo	23
2.4. Estructura de desglose del trabajo (EDT)	24
2.5. Flujos de trabajo.....	27
2.6. Proyectos	28
2.6.1. Ciclo de vida de un proyecto.....	28
2.6.2. Áreas del conocimiento.....	30
CAPÍTULO 3. SOFTWARE.....	31
3.1. Selección y justificación del software	31
3.1.1. Software para el modelado.....	31
3.1.2. Software para el trabajo colaborativo.....	32
3.1.2.1. Funcionalidades de la plataforma	33
3.1.2.2. Oportunidades de mejoras para la plataforma	42
CAPÍTULO 4. ETAPA DE PLANIFICACIÓN	43
4.1. Descripción del modelo físico elegido para construir	43
4.2. Plan de ejecución BIM del proyecto	44
4.3. Estructura de desglose del trabajo.....	48
CAPÍTULO 5. ETAPA DE DISEÑO	51
CAPÍTULO 6. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.....	71
CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
7.1. Conclusiones	78
7.2. Recomendaciones	79
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	80
APÉNDICES	A-1
Apéndice A: Plan de ejecución BIM.....	A-1
Apendice B: Estructura de desglose del trabajo	B-1

Apéndice C: Cuantificación de los materiales	C-1
Apéndice D: Cronograma.....	D-1
Apéndice E: Figuras de la construcción de la estación de policía.....	E-1

Índice de Figuras

Figura 1: Integrantes del proceso constructivo en BIM	5
Figura 2: Diagrama de flujos para la metodología	10
Figura 3: Flujo de trabajo metodología BIM	14
Figura 4: Etapas de un proyecto BIM	15
Figura 5: Funcionalidades del Plan de ejecución BIM	17
Figura 6: Usos BIM.....	19
Figura 7: Etapas contempladas en el ACC.....	22
Figura 8: Ejemplo de entregables según el EDT	26
Figura 9: Ciclo de vida de un proyecto	29
Figura 10: Actividades para cada fase del proyecto	29
Figura 11: Herramienta de archivos de Docs.....	33
Figura 12: Herramienta de revisiones en Docs	34
Figura 13: Herramienta de informes de transmisión en Docs.....	34
Figura 14: Herramienta de incidencias en Docs.....	35
Figura 15: Herramienta de informes en Docs.....	35
Figura 16: Herramienta de miembros en Docs	36
Figura 17: Herramienta estado del proyecto en Design Collaboration.....	36
Figura 18: Herramienta cambios en Design Collaboration	37
Figura 19: Herramienta de reuniones en Design Collaboration.....	37
Figura 20: Herramienta modelos de Model Coordination	38
Figura 21: Herramienta conflicto de Model Coordination	38
Figura 22: Paquete losas en Takeoff	39
Figura 23: Herramienta de Planos y Modelos de Takeoff.....	39
Figura 24: Solicitud de la información en Build.....	40
Figura 25: Herramienta presentaciones en Build	40

Figura 26: Herramienta planificación en Build	41
Figura 27: Controles del proyecto de Insight	42
Figura 28: Modelo físico seleccionado	44
Figura 29: Diagrama de flujos de los entregables.....	47
Figura 30: Clasificación Uniformat.....	48
Figura 31: Códigos uniformat del modelo (Fachada).....	49
Figura 32: Códigos uniformat del modelo (interior)	50
Figura 33: Códigos uniformat del modelo (parte superior y sitio de obra).....	50
Figura 34: Ejemplo del EDT del proyecto.....	51
Figura 35: Plantilla para la base de edificio.....	52
Figura 36: Modelo de las condiciones existentes	53
Figura 37: Modelo después de realizar el movimiento de tierra.....	53
Figura 38: Plantillas cargadas en Revit 2020.....	54
Figura 39: Herramienta para colaborar.....	54
Figura 40: Medios para la colaboración	55
Figura 41: Guardado del archivo en Docs	56
Figura 42: flujo de trabajo de aprobaciones.....	57
Figura 43: Escogencia de las aprobaciones.....	57
Figura 44: Ejemplo de aprobación a un paso	58
Figura 45: Ejemplo de revisión al modelo arquitectónico.....	59
Figura 46: Ejemplo de una revisión abierta.....	60
Figura 47: Ejemplo del visor para el miembro con la revisión asignada	60
Figura 48: Ejemplo de estados de revisión.....	61
Figura 49: Opción para sincronizar.....	61
Figura 50: Actualizar el modelo en la plataforma.....	62
Figura 51: Ejemplo de publicación modelo estructural	62
Figura 52: Conflicto entre una pared arquitectónica y la losa estructural	63
Figura 53: Creación de la incidencia.....	63
Figura 54: Modelo arquitectónico.....	64
Figura 55: Modelo estructural.....	65
Figura 56: Modelo Mecánico.....	65
Figura 57: Modelo eléctrico	66

Figura 58: Diagrama de la fase de diseño.....	67
Figura 59: Sistema de clasificación y medida del proyecto	68
Figura 60: Creación de paquetes	68
Figura 61: Selección del modelo para la cuantificación.....	69
Figura 62: Creación de la medición	69
Figura 63: Método de medición	70
Figura 64: Resultado de la cuantificación.....	71
Figura 65: Maqueta del sitio de obra	72
Figura 66: Secciones específicas para presentaciones.....	73
Figura 67: Paquetes para presentaciones	73
Figura 68: Crear elemento en presentaciones	74
Figura 69: Menú editable para la presentación.....	74
Figura 70: Composición de una presentación	75
Figura 71: Creación de SDI	76
Figura 72: Menú editable para generar la SDI.....	76
Figura 73: Diagrama de la fase de construcción.....	77

Índice de cuadros

Cuadro 1: Usos y objetivos BIM.....	45
Cuadro 2: Roles BIM	46

Glosario de abreviaturas

BIM: Modelado de información de construcción

EDT: Estructura de desglose del trabajo

CDE: Entornos comunes de datos

PMI: Instituto de gestión de proyectos

SDI: Solicitud de información

ACC: Autodesk Construction Cloud

BEP: Plan de ejecución BIM

PMBOK: Proyecto organismo de gestión del conocimiento

RESUMEN

Morales González, Dani

Análisis y simulación de los flujos del trabajo colaborativo en el diseño, planificación y ejecución de un modelo a escala reducida mediante el uso de BIM

Proyecto de Graduación Ingeniería Civil – San José, Costa Rica.:

D. Morales G., 2021

xiii, 83, [27]h; ils. col – 36 refs.

Este trabajo consiste en la simulación de un proyecto de construcción a escala reducida, implementando un modelo a base de piezas plásticas similares a un "lego", contemplando desde la fase de planificación hasta la fase de construcción con el fin de analizar los flujos del trabajo colaborativo.

Este proyecto se realizó implementando la metodología BIM y haciendo uso software para el modelado 3D y 2D como Revit y de la plataforma de Autodesk Construction Cloud.

El desarrollo del mismo se llevó a cabo en tres fases: planificación, diseño y construcción. En la etapa de planificación se realizó el EDT (Estructura de desglose del trabajo), con el fin de determinar el alcance del proyecto y establecer los roles y usos BIM propios de la metodología utilizada.

En la fase de diseño se desarrollaron los modelos: arquitectónico, estructural, mecánico y eléctrico. Durante el proceso de modelado de estas disciplinas se realizaron interacciones colaborativas como revisiones y análisis de conflictos.

Por último, durante la fase de construcción se ejecutó la construcción del modelo físico, mientras se realizaban las interacciones colaborativas.

Finalmente, se concluyó que la plataforma de Autodesk Construction Cloud es una herramienta útil para la implementación del trabajo colaborativo, y puede optimizar la utilización de metodologías BIM. Sin embargo, la utilización de este software puede no ser rentable para proyectos con presupuestos limitados como viviendas unifamiliares, remodelaciones pequeñas, entre otros.

BIM; AUTODESK CONSTRUCTION CLOUD; SOFTWARE; TRABAJO COLABORATIVO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Justificación

1.1.1. Problema específico

En la construcción de una edificación un problema recurrente en las etapas de vida de un proyecto es la falta de coordinación y comunicación que se da entre las disciplinas de este. De acuerdo con González (2015), los errores causados por la falta de comunicación y coordinación perjudican la continuidad y rentabilidad del proyecto, específicamente esto se puede ver reflejado en el costo y en el tiempo de entrega del proyecto.

Aparte de la falta de coordinación, otro aspecto que influye negativamente en la gestión de los proyectos, es la falta de adopción de tecnologías que ayuden en la agilización del flujo de la información. (Henríquez, 2018)

Según Sierra (2016) menciona lo común que es ver proyectos con fallas en la presentación o la ejecución, estos fallos comúnmente son atribuidos a la falta de coordinación entre los miembros del proyecto. Por ese motivo es normal que el proyecto circule de mano en mano y que cada miembro se preocupe por su parte, provocando que se genere una gran cantidad de fallas e incoherencias.

Por otro lado, Saldias (2010) comenta que la planificación convencional de proyectos donde se utiliza herramientas como curvas S o planos en 2D para mencionar algunas, ayudan para entender el alcance y desempeño del proyecto, sin embargo, la forma en la que se presenta esta información repercute en la incertidumbre y dificultad del proyecto. Esto genera variabilidad durante la construcción, provocando pérdidas de información durante la ejecución de este, viendo reflejado en forma de retrasos o interferencias.

Es importante destacar que desde hace tiempo se vienen utilizando diferentes métodos para el control de proyectos, como lo son los diagramas de Gantt, además de una variedad de paquetes de softwares que ayuden al control de los proyectos como, por ejemplo: Microsoft Project, Primavera o Asta Power. (Duarte & Pinilla, 2014)

Duarte y Pinilla también comentan que, a pesar del uso de estos métodos y paquetes de software, muchos proyectos sufren por el uso de esta metodología tradicional, repercutiendo directamente en pérdidas de tiempo y sobrecostos.

La metodología tradicional para la planificación del tiempo y el costo, regularmente se basa en modelos de operaciones de conversión de los recursos en productos terminados. Sin embargo, esto no prevé el hecho que los proyectos poseen un componente importante de operaciones de flujos que tiene que seguir los materiales, el equipo y la mano de obra. Lo que provoca que regularmente los costos ni las programaciones de los procesos concuerden con la realidad del proyecto. (Duarte & Pinilla, 2014)

A raíz de los de problemas presentados anteriormente, se plantea el uso de elementos que puedan ayudar a contrarrestar estas deficiencias. Entre algunos elementos a mencionar se puede destacar el uso de softwares o plataforma, además otras metodologías de trabajo como la metodología BIM y la implementación del trabajo colaborativo.

Es decir, contemplar el uso de un software de manejo de proyectos que sea capaz de centralizar toda la información en un único lugar. Con ello es posible que todos los integrantes del proyecto accedan a él en tiempo real, además que se pueda ver las etapas de este de una forma actualizada.

Por otra parte, BIM es una metodología que se ha popularizado cada vez más en diferentes partes del mundo. Debido a que esta metodología de trabajo surge para suplir las necesidades y deficiencias en la industria de la construcción, plantea mejorar los procesos y las utilidades de los proyectos. (Cerón & Liévano, 2017)

Según Sierra (2016) para evitar la falta de coordinación y las consecuencias que esto genera, nace el concepto de BIM, ya que esta metodología de trabajo centra toda la información del proyecto en una única base de datos, involucrando todas las disciplinas que se ven afectadas en la ejecución del proyecto.

El trabajo colaborativo también es una metodología que puede servir para atacar estas falencias, sin embargo, es algo que no ha contado con mucho auge debido a la forma individualista con la que se ha venido trabajando. Sin embargo, debido al surgimiento de nuevas tecnologías, las cuales son compatibles con el trabajo colaborativo, se han desarrollado una amplia gama de opciones que se pueden implementar en la formación de los nuevos profesionales.

De acuerdo con Ansell et all (2009) también menciona que el trabajo colaborativo que se realiza en un proyecto, contribuye a lograr mejoras y a ahorrar en términos de:

construcción, seguridad, ejecución de proyectos en menor plazo, reducción de costos, innovación y satisfacción en el cliente.

1.1.2. Importancia

En este apartado se destaca la importancia de los elementos mencionados en el apartado anterior en la concepción de proyectos de construcción, es decir el uso de softwares, metodologías de trabajo como la metodología BIM o el trabajo colaborativo.

El uso de prototipos digitales para la realización de proyectos, los cuales integren en una sola plataforma todas las disciplinas que intervienen en su diseño, ha generado grandes avances para la coordinación y la cuantificación de los elementos constructivos del proyecto. Esto debido a que han demostrado ser una solución muy factible y eficiente en base a la falta de coordinación interdisciplinaria. (González, 2015)

Por otra parte, actualmente debido a la influencia del BIM en el trabajo del gerente de proyectos desde las primeras etapas del proyecto, hasta la finalización del mismo, ha demostrado ser una herramienta eficaz en el trabajo de coordinación y control sobre los integrantes y las partes interesadas. Esto provoca que se dé una orientación en el enfoque del desarrollo de funciones de una forma interdependiente a partir de un sistema de información unificado y efectivo.

Igualmente, hacer uso de procesos BIM en la coordinación, planificación, presupuestación y revisión de proyectos, ha convertido en un valor trascendente agregado a todos los servicios que están inscritos en la gestión de proyectos que elaboran las empresas de alto desempeño. (Oussouboure & Victore, 2017)

La gestión de variantes a tiempo real en el proyecto, permite que se realice una disminución en los plazos y costos con una mayor calidad. Eso debido a que BIM facilita la vinculación de datos de cada parte del proyecto. De forma que cualquier variante sin importar lo pequeña que sea, se realice de forma integral y colaborativa entre los integrantes e interesados del proyecto. Esto permite que no solo se dé una reducción de los costos, sino que también se dé un cumplimiento oportuno de los plazos de entrega estipulados. (Oussouboure & Victore, 2017)

Asimismo, es que la implementación del trabajo colaborativo mediante herramientas digitales, puede aportar grandes cualidades a los proyectos. Por lo que nace la necesidad

de que se muestren estas herramientas en la formación de los nuevos profesionales y se utilicen estas metodologías de trabajo cada vez más.

“A través de la colaboración se identifican, interpretan, argumentan y resuelven problemas del contexto de manera conjunta, lográndose un mayor alcance del que se consigue de manera individual” (Antonio et al, 2017)

1.1.3. Antecedentes teóricos y prácticos del problema

De acuerdo con Vargas (2015) en su tesis de graduación, destaca la necesidad de contar con un sistema de coordinación entre los diseños. Esto de modo que exista un sistema que permita correlacionar los diseños de varios profesionales, con el fin que, si se realiza un cambio en el proyecto, este se pueda verse reflejado en todos los modelos, cortes o elevaciones que involucren este cambio.

Asimismo, Vargas también señala una de las características de BIM, la cual permite diferenciar los elementos que conforman el modelo según la etapa en la que se presente, es decir, que al pasar de una etapa a otra puede que se modifiquen o eliminen partes del modelo o incluso que se agreguen nuevas partes. Esta característica puede ser relacionada de forma directa con elementos específicos mediante BIM.

Por otro lado, Sierra (2016) en su trabajo para la especialización de la gerencia integral de proyectos, menciona la necesidad de que se dé un cambio en el sector de la construcción. Esto con el fin de que se modifique la forma de trabajo tradicional haciendo un salto generacional cualitativo en los procesos de la concepción, planificación, ejecución y construcción de un proyecto. Es notable observar que antes de la crisis en el sector de la construcción, no se logró alcanzar la modernización y la autonomía de los procesos, por lo que era común ver errores en la ejecución de las obras, que en muchos casos se le puede atribuir a la falta de coordinación entre los implicados a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Debido a esto es común ver muchos proyectos con un gran número de errores, fallas e incoherencias entre los documentos. Por lo que el trabajo colaborativo es una forma de disminuir este problema.

Igualmente, Ogbamwen (2016) menciona que en la actualidad se enfoca el BIM como un producto útil, el cual se representa con los modelos digitales en 3D y contienen mucha información. Además, estos elementos se pueden combinar para poder generar esquemas,

planos y gráficos, lo que permite lograr una construcción digital del proyecto. Por otra parte, se describe a BIM como una tecnología de colaboración en la cual se permite intercambiar información promoviendo el trabajo colaborativo y permitiendo la interacción entre los participantes del proyecto, es decir BIM se convierte en un lugar de trabajo común.

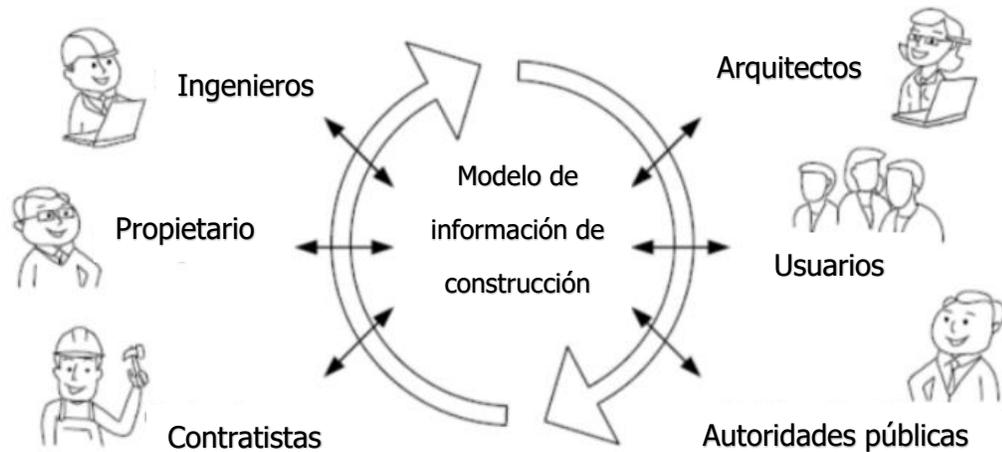


Figura 1: Integrantes del proceso constructivo en BIM

Fuente: (Ogbamwen, 2016), Modificado por (Morales, 2020)

Por otro lado, Pastor (2009) señala la importancia de la gestión de proyectos, ya que esta disciplina tiene la capacidad de integrar la planificación, la organización, la dirección, el control y la calidad de las actividades que se desarrollan en el proyecto. Se puede decir que la gestión de proyectos es una actividad integradora, en la cual se involucra diversas áreas de competencia en la gerencia de los proyectos, la cual permite verificar el cumplimiento específico y efectivo de las actividades, el costo y las calidades planificadas a priori.

De acuerdo con Sánchez & Serrano (2018), la integración del plan de ejecución BIM con la guía para la dirección de proyectos del PMI, es una herramienta la cual debe de integrarse en la gestión del proyecto, contemplando el hecho que para que se realice una adecuada implementación BIM, se debe de contar con un plan de ejecución BIM, el cual se adapte a las necesidades del cliente y que también se incorpore en el plan de dirección del proyecto. La guía para la dirección de proyectos (PMBOK) de PMI es un recopilado de las buenas prácticas que se deben realizar en el ciclo de vida del proyecto.

De igual manera Jiménez & Pampliega (2015) en su artículo titulado "*BIM y Project Management en el sector de la construcción*" mencionan como BIM está en un proceso en el cual se va convirtiendo en una herramienta fundamental para los proyectos de construcción. Sin embargo, es importante destacar que esto no es una tarea fácil, ya que el usar un modelo paramétrico en el entorno de la gestión de proyectos, exige un trabajo arduo entre los profesionales con distintos niveles de uso de BIM. Al mismo tiempo hay que considerar que una verdadera asociación entre BIM, el trabajo colaborativo y la dirección integrada de proyectos, influirá en la configuración del equipo del proyecto, en modo de cómo se escriben los contratos, cómo se comparte el riesgo, cómo se toman las decisiones y cuales herramientas se utilizan para la comunicación de la información. Es por eso que se puede decir que al integrar BIM a los proyectos, no solo interviene en la gestión del diseño, sino que también interviene en la gestión de los riesgos que se dan durante y después de la ejecución del proyecto.

Por otro lado, Brugarolas (2016) comenta de lo útil y maravilloso que es la tecnología 4D en BIM, ya que esta permite la vinculación de modelos BIM con otras actividades relacionadas con la gestión de la construcción. La creación de simulaciones en la fase de construcción permite la identificación de posibles conflictos presentes en el proyecto, además de comprobar las compatibilidades de tareas en espacio-tiempo que a su vez permiten una mejora en el rendimiento del proyecto. Se puede decir que la planificación y la organización de las tareas se transforman en una puerta abierta hacia los agentes del proyecto, facilitando así la administración de los recursos y el cronograma.

Según Jurado & Pardo (2012) es importante reconocer el valor del trabajo en grupos o trabajo colaborativo, el cual permite fomentar la unión entre los miembros del proyecto. Esto debido a la canalización de los esfuerzos individuales para conseguir un objetivo en común. Por otro lado, esto hace que los miembros del proyecto mejoren su capacidad de aprender debido a la necesidad de ver diversas perspectivas desde otros tipos de vista por parte de los otros integrantes.

De la misma manera, Jurado & Pardo destacan que, aunque los miembros del proyecto conozcan los pasos que se debe seguir con el fin de efectuar un proceso de trabajo colaborativo exitoso, muchas veces no se tiene noción de como ejecutar estos pasos, por esa es razón es importante contextualizar algunos conceptos como: definición de roles, asignación de

responsabilidades, evaluación de actividades colaborativas, seguimiento y validación de tareas de forma colaborativa.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar y simular los flujos del trabajo colaborativo en las fases de planificación, diseño y ejecución de un proyecto, aplicando la metodología BIM en un modelo a escala reducida.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Investigar sobre las metodologías y herramientas BIM existentes que permiten gestionar el flujo de trabajo colaborativo en los proyectos a nivel nacional e internacional.
- Analizar las funcionalidades que comprende el Autodesk Construction Cloud y el Revit 2020, como herramientas para la gestión del flujo colaborativo.
- Analizar cuáles de las distintas áreas del conocimiento de la gestión de los proyectos se pueden incorporar al flujo colaborativo, mediante las herramientas de Autodesk Construction Cloud y Revit 2020.
- Diseñar una simulación por medio de un proyecto a escala reducida, con el fin de poner en práctica y hacer una demostración de varios flujos del trabajo colaborativo, utilizando el Autodesk Construction Cloud y el Revit 2020, durante las fases de diseño y construcción del modelo.
- Identificar las fortalezas y oportunidades de mejora del Autodesk Construction Cloud para el trabajo colaborativo en las fases de diseño y construcción.
- Documentar el proceso mediante el formato de un BEP (BIM Execution Plan), con el fin de que futuras investigaciones puedan tomar como referencia la presente investigación.

1.3. Delimitación del problema

1.3.1. Alcance

Debido a lo complejo de integrar las áreas del conocimiento del PMI en la gestión del modelado del proyecto, solo se implementaron las áreas de la integración, comunicación y alcance. Esta decisión se fundamenta en la consideración de 2 factores: el tiempo y el aporte.

Es decir, si bien es cierto entre más áreas del conocimiento se agreguen al proyecto, los resultados obtenidos van a ser mayores, el grado de dificultad y el tiempo que se le emplea al trabajo también van a incrementar considerablemente y la idea no es realizar un mega proyecto, sino algo más pequeño, pero que permita analizar y visualizar los flujos del trabajo colaborativo. Por otro lado, el implementar nuevas áreas del conocimiento, no garantiza que se dé un aumento exponencial de los flujos del trabajo colaborativo. Por ejemplo, si se implementa las áreas del tiempo o el costo, esto se reflejaría en los costos del proyecto o la duración de las actividades, pero la realización de estas actividades le correspondería solo al encargado del proyecto (mi persona), por lo que no se crean flujos de trabajo colaborativo.

Para la simulación del trabajo colaborativo mediante flujos de comunicación, se contó con la participación del profesor director, los profesores asesores y 2 estudiantes compañeros de grado que aceptaron participar previamente y por último mi persona la cual desarrollará varios roles durante la etapa de simulación.

No se pretendió que los participantes (a excepción de mi persona) aprendiera a manejar la plataforma ni que realizarán cambio alguno en el modelo. Esta participación se vio limitada a los flujos de comunicación, de acuerdo al rol que cumplían dentro del proyecto, de acuerdo el plan de ejecución BIM

Debido a que la finalidad principal de este trabajo es analizar los flujos del trabajo colaborativo, hubo herramientas de la plataforma Autodesk Construction Cloud que no se utilizaron, ya que no contribuían de gran manera a este objetivo.

De la misma manera, para el modelo que se realizó en Revit no se le diseñaron elementos reforzados, debido a que el modelo a escala que se construyó no cuenta con elementos reforzados. Además, que implementar elementos reforzados incrementa el grado de complejidad del proyecto sin aportar gran diferencia en la parte de los flujos del trabajo colaborativo, en comparación con los elementos no reforzados.

Para el ciclo de vida del proyecto, solo se consideró las etapas de la planificación, diseño y la construcción, dejando de lado el resto de las etapas como el seguimiento y control del proyecto luego de su construcción. Esto se debe a que no es un edificio real, por lo que no se le dará un uso real, como para observarlo en operación.

1.3.2. Limitaciones

La plataforma de Autodesk Construction Cloud, a diferencia de la mayoría de software utilizados comúnmente por lo estudiantes universitarios, no cuenta con licencia estudiantil de largo plazo, solo cuentan con licencia de prueba por un mes, por lo que fue necesario contactar a un agente de Autodesk Costa Rica con el fin de obtener un permiso especial para alargar la licencia de la plataforma.

Los integrantes que participaron en la simulación del trabajo colaborativo, tuvieron interacciones mediante aprobaciones, revisiones, SDI y presentaciones. Es decir, participaron en flujos de trabajo colaborativo mediante la plataforma de Autodesk Construction Cloud, más no tuvieron participación en el proceso de modelado debido a complejidad de este proceso.

Por otro lado, Debido a que dentro del alcance del trabajo no se incluyen la totalidad de las áreas de conocimiento, los resultados obtenidos no reflejan la gestión integral del proyecto.

Por último, el modelo a escala que se construyó carece de un sistema mecánico, por lo que se debió idear un sistema sustituto por aparte. De igual manera se realizó con el terreno.

1.4. Metodología

La metodología que se siguió para la elaboración del proyecto se muestra en la Figura 2

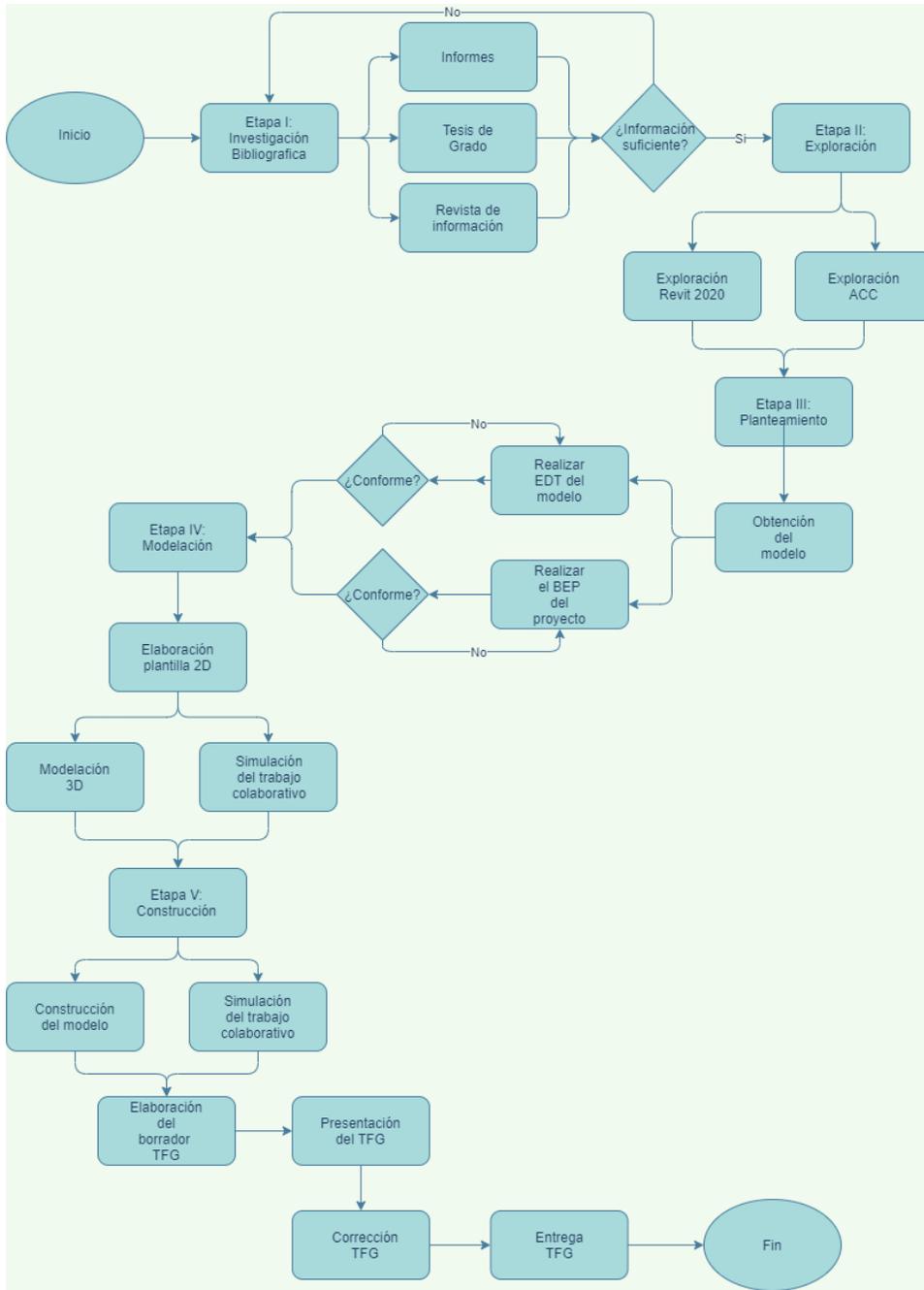


Figura 2: Diagrama de flujos para la metodología

1.4.1. Etapa I: Investigación Bibliográfica

Esta etapa se generó con el fin de obtener una base de conocimientos acerca de la gestión de proyectos, la modelación y la implementación BIM en el trabajo colaborativo. Esta información se obtuvo de estudios bibliográficos de escritos sobre el tema, tales como trabajos de investigación, artículos de revista e informes.

1.4.2. Etapa II: Exploración

En esta etapa se procedió a obtener acceso a la plataforma de Autodesk Construction Cloud, explorar las funcionalidades con las que cuenta la plataforma para el trabajo colaborativo. Además de la plataforma de Autodesk Construction Cloud, también se investigó sobre las funcionalidades de modelado del software de Revit 2020.

1.4.3. Etapa III: Planificación

En esta etapa se consiguió el modelo físico con el que se trabajó. En este caso es un modelo de una estación de policía hecha de piezas de plástico parecidas a un Lego. Por otro lado, también se trabajó las etapas previas a la modelación, como la creación de un EDT (Estructura de Desglose del Trabajo) para definir el alcance del proyecto, el planteamiento de un Plan de Ejecución BIM para conocer la ruta a seguir y las acciones de los implicados en el proceso de colaboración.

1.4.4. Etapa IV: Modelación y simulación

En esta etapa, primeramente, se elaboró un prototipo de plano 2D, con el fin arrancar sobre el mismo para diseñar el modelo en 3D en Revit. Por otro lado, mientras se realizaba el proceso de modelado, también se iniciaba la simulación del trabajo colaborativo. De esta manera se subían constantes avances del modelo a la plataforma donde se iban haciendo preguntas, análisis de interferencias entre las disciplinas, revisiones y aprobaciones por partes de los colaboradores.

1.4.5. Etapa VI: Construcción y simulación

En esta etapa se construyó la estación de policía mientras que se iba realizando la simulación con los colaboradores mediante consulta y avances fotográficos. Para ello se utilizaron herramientas como solicitud de la información, revisiones y aprobaciones.

1.4.6. Etapa VII: Informe Final

Finalmente se analizaron los resultados obtenidos de las etapas anteriores y se redactó el informe final.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Modelación de la información de construcción (Building Information Modeling)

BIM es una metodología la cual ha comenzado a cambiar la industria de la construcción, de manera tal que ahora la percepción sobre una construcción, su funcionamiento y la manera en la que la se construye es distinta. De acuerdo con Gámez (2014) esto tiene sus raíces desde la época de la revolución industrial en el siglo XXI, desde esa época si se comparaba la industria de la construcción con otra industria como por ejemplo la no agrícola, se podía notar un decremento en la productividad.

De igual manera, las prácticas tradicionales generalmente facilitan errores y pérdidas innecesarias. Además, que la incompatibilidad entre los sistemas usualmente impide que los miembros del proyecto puedan intercambiar información de manera precisa, lo que repercute en numerosos problemas en el proyecto relacionado con aumentos en costos y en plazos.

Según Gámez (2014) debido a esto, con la adopción de una metodología BIM y el uso de modelos digitales integrados durante el ciclo de vida de un proyecto, supone un gran paso a una buena dirección para eliminar los posibles costos generados por una incorrecta interoperabilidad de los datos. Aunque esto es un buen paso en la dirección correcta, un solo modelo digital no es suficiente, también se debe incorporar nuevos procesos y adaptar los existentes. Es importante mencionar que, para mejorar los procesos de la construcción, no solo se debe implementar nueva tecnología, sino también nuevos procesos de trabajo. A partir de esto, se dice que metodología BIM se compone de la siguiente manera 10% tecnología y 90% sociología, es decir, BIM más que una tecnología, es una forma de trabajo, por lo que el factor social es lo más importante.

Es por eso que BIM (por sus siglas en inglés) se basa en un sistema de modelado de edificaciones, el cual incorpora toda la información necesaria para facilitar el diseño, la construcción y la operación de un proyecto. Además, BIM representa de forma virtual lo que se construirá y el entorno que lo rodea, esto permite analizar y gestionar eficientemente el

proyecto durante todo su ciclo de vida. Este proceso se da desde la concepción del proyecto hasta la demolición o reestructuración del mismo, llevando a cabo un proceso de colaboración entre los integrantes del proyecto.

Así mismo, el objetivo de la metodología BIM es evitar la pérdida de la información que se da con el método tradicional, y que obliga a un mayor esfuerzo de producción de información en las fases del proyecto. Al mismo tiempo, el proceso de trabajo en BIM logra mantener en constante crecimiento el valor de la información en comparación al rompimiento y pérdida de información en un proyecto tradicional. (Gámez, 2014)

El método tradicional se puede optimizar utilizando la metodología BIM. Sin embargo, el emplear técnicas de los métodos clásicos puede incurrir en carencias en los documentos contractuales del diseño, lo que genera secuelas en la etapa de diseño. (Gámez, 2014)

Otro aspecto a destacar es la reducida participación del contratista en la fase de diseño, ya que esto puede provocar errores en la construcción. Por otro lado, la comunicación y el intercambio de la información se va perdiendo con el paso de una fase a otra en el transcurso del ciclo de vida del proyecto. (Gámez, 2014)

Por otro lado, Gámez (2014) destaca que los riesgos que se asumen en la construcción al no haberse desarrollado una pre construcción en los inicios del trabajo, podrían disminuirse ampliamente mediante la utilización de la metodología BIM en las fases iniciales del ciclo de vida de un proyecto. También, con la elaboración de un modelo en 3D el cual incorpore toda información, es posible realizar una pre construcción, y de este modo poder adelantarse a los problemas, ya que permite mejorar la planificación de la obra y la reducción de accidentes.

De igual manera, Victore (2016) también comenta que es importante destacar el hecho de que muchas veces se confunde el concepto BIM con los modelos en 3D. De hecho, BIM no solo permite realizar el modelo 3D, sino que también permite incluir información no gráfica, la cual es guardada en la base de datos del modelo. Es decir, BIM se compone por varios niveles de integración:

- BIM 3D: Modela todos los objetos que integran el modelo. Este será una representación geométrica de forma integrada del proyecto.
- BIM 4D: Al modelo se le incorpora la dimensión del tiempo. Además de facilitar el control de la dinámica del proyecto, se diseña el plan de ejecución con el fin de

detectar los posibles problemas que pueden ser resueltos con la reducción de costos o el plazo.

- BIM 5D: Se integra el control de los costos en el proceso de simulación de la ejecución del modelo.
- BIM 6D: Esta dimensión se relaciona con la sostenibilidad el proyecto en las etapas del mismo, esto mediante un análisis integral que con lleva los compromisos que se establecen desde su inicio y hasta su fin.
- BIM 7D: Esta dimensión se compone de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones durante la vida útil del proyecto.

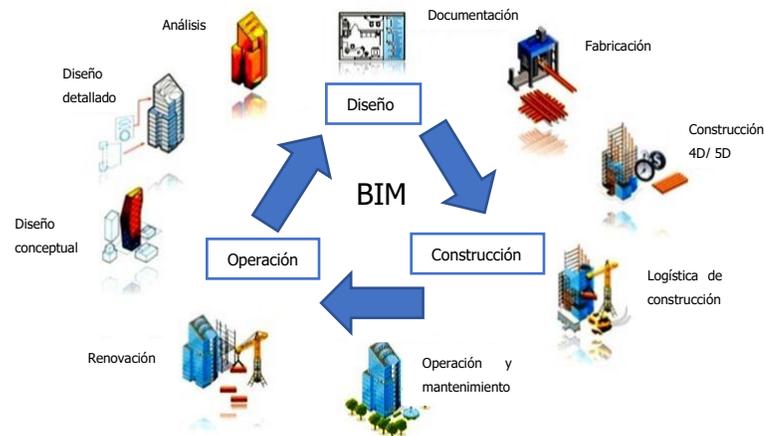


Figura 3: Flujo de trabajo metodología BIM

Fuente: (Brugarolas, 2016), modificado por (Morales, 2020)

2.1.1. Etapas de un proyecto BIM

De acuerdo con Succar (2008) existen varias etapas que involucran el flujo de trabajo de un proyecto con metodología BIM, estas etapas son:

- *Pre BIM:* Esta etapa se caracteriza por que existe mucha dependencia con la documentación 2D para descubrir la realidad 3D, aunque se tengan visualizaciones 3D estos comúnmente tienen incoherencias y se tienen que apoyar en documentos 2D. Las cantidades y estimaciones de los costos no están derivadas del modelo. Por otro lado, la colaboración entre los miembros no es una prioridad y el flujo de trabajo es lineal y asincrónico
- *Etapa I. Modelado:* Se inicia la implementación BIM a través de un software que permita la modelación 3D, como por ejemplo Autodesk Revit. También, en esta

etapa se genera un modelo diferente según la disciplina a la que se pertenece (arquitectónico, estructural, electromecánico). La colaboración entre los miembros es similar a la etapa anterior, ya que se muestra como unidireccional y las comunicaciones son asincrónicas y desarticuladas.

- *Etapa II. Colaboración:* En esta etapa se muestra un involucramiento mayor entre los miembros, se incluye el intercambio de modelos arquitectónicos y estructurales en el diseño, intercambios de modelos entre el diseño y la construcción. La comunicación entre los involucrados aún es asincrónica, sin embargo, las barreras entre los miembros comienzan a desaparecer y los modelos cada vez son más detallados.
- *Etapa III: Integración de las disciplinas:* Aquí los modelos creados son integrados y compartidos de forma colaborativa a lo largo de las fases del proyecto. Además, los modelos BIM de esta etapa son interdisciplinarios lo que permite el análisis complejo en las etapas iniciales de diseño y construcción. En cuanto a los entregables, aquí son más que objetos, ya que estos incluyen los principios lean, las políticas ecológicas y el costo del ciclo de vida del proyecto.
- *Etapa IV. Entrega integrada del proyecto:* Esta etapa representa la visión a futuro de lo que apunta BIM empleando la fusión de las tecnologías y procesos. Además, integra personas, sistemas, estructuras y prácticas en un proceso colaborativo, aprovechando los talentos, e ideas de todos los miembros con el fin de optimizar los resultados del proyecto, en la reducción de desperdicios y maximizando la eficiencia en todas las fases del proyecto.

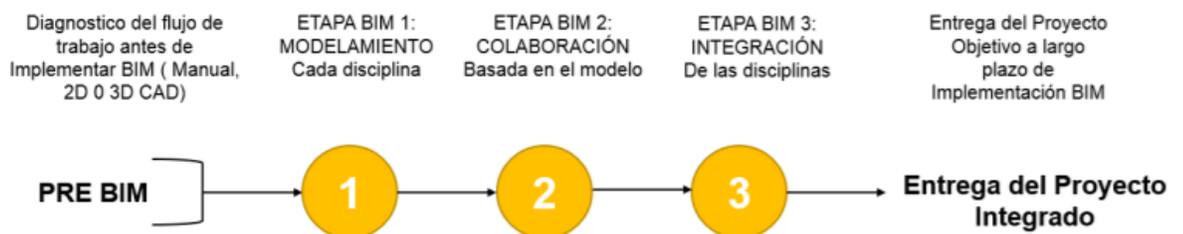


Figura 4: Etapas de un proyecto BIM

Fuente: (Succar, 2008)

2.1.2. BIM Execution Plan (BEP)

Según Pérez (2018) en la actualidad la metodología BIM se presenta como una tecnología digital, la cual se caracteriza por tener el potencial para revolucionar la industria de la construcción. Además, su implantación ha venido acompañada del surgimiento de una gran cantidad de software BIM, si bien, esto es algo positivo para el desarrollo de los proyectos, también esto ha abrumado a muchos profesionales que no distinguen bien el uso de este tipo de software. La implementación BIM está acompañada de una serie de problemas en su aplicación, debido a que actualmente no existe un método de trabajo estandarizado a partir del cual se pueda conseguir las ventajas de utilizar la metodología BIM.

A raíz de esto, se propicia la necesidad de un trabajo colaborativo según Becerik-Gerber, Jazizadeh & Li (2012), el cual debe ser adecuado para que se dé una buena realización del proyecto. Así mismo, es importante redactar un plan de ejecución BIM que describa los procesos y procedimientos que se tienen que seguir durante la realización del proyecto.

De acuerdo con Pérez (2018) se puede entender por Plan de Ejecución BIM como un documento que describe una metodología de trabajo, la cual está compuesta por procedimientos, herramientas, técnicas, procesos, formatos y plantillas. El objetivo del PEB es dar una respuesta a los requerimientos BIM de un proyecto, se puede decir que es un plan en el cual se documenta como se va a ejecutar los trabajos relativos a la metodología BIM.

Entre algunas de las ventajas de aplicar un Plan de ejecución BIM de acuerdo con Pérez (2018) se pueden mencionar las siguientes:

- Comprender los objetivos que se pueden lograr con la implementación BIM en el proyecto.
- Los miembros del proyecto podrán tener conocimiento con anterioridad de sus responsabilidades y roles en el proyecto a desarrollarse.
- El equipo de trabajo será capaz de diseñar un proceso que se adapte a los flujos de trabajo de cada equipo.
- El PEB permite poner de manifiesto los recursos adicionales, formaciones u otros elementos necesarios para implementar de manera correcta la metodología BIM cuando la misma sea necesaria.
- El PEB parte como punto de referencia para describir el proceso para posibles miembros nuevos que se integren al proyecto en el futuro.

- Debido a la implementación del PEB todo el equipo de trabajo gana valor debido al aumento en la planificación mediante la reducción de incógnitas en el proceso de implementación, lo que ayuda a reducir el riesgo general.

Es importante mencionar que el carácter multidisciplinario de los proyectos ha generado la necesidad del trabajo colaborativo en el entorno profesional y educativo, lo que hace esencial la conformación de documentos específicos por parte del equipo de trabajo como el PEB. Esto debido a que como se mencionó anteriormente, este documento es fundamental para establecer las pautas del trabajo colaborativo. (Pérez, 2018)

De igual manera, para que la metodología BIM tenga sentido, el equipo del proyecto tiene que tener la noción de hasta donde se quiere llegar, cuál es la forma con lo que se va a llegar a cabo y cuáles son los niveles de información con lo que se trabajará en cada una de las etapas del proyecto. El PEB debe definir el alcance BIM en el proyecto, identificar el flujo de los procesos, además de definir la información de intercambio entre los involucrados y describir la infraestructura necesaria para que esto se lleve a cabo.



Figura 5: Funcionalidades del Plan de ejecución BIM

Fuente: (Pérez, 2018)

La estructura que sigue el BEP se puede ver reflejada en una serie de pasos:

- Se definen las metas y la información BIM del proyecto
- Se definen los objetivos del BIM
- Se documenta los miembros del equipo dentro de la plantilla (Roles y responsabilidades)
- Se definen los casos de uso BIM para las fases del proyecto.
- Se determinan los entregables BIM
- Se define el proceso de creación del modelo
- Se identifican las necesidades del entorno tecnológico.

2.1.3. Usos BIM

En relación a los usos BIM, si se desea lograr el éxito en un proyecto, es fundamental que los miembros del equipo comprendan los usos de la información que se está generando mediante la metodología BIM. De acuerdo el Penn State College of engineering (PSU), los usos BIM se desarrollan en base a su propósito u objetivo, es decir, según el objetivo que se quiere alcanzar en el proyecto, se debe utilizar determinado uso BIM.

Por lo tanto, los usos BIM se pueden entender como herramientas de la aplicación de BIM. Además, estos usos reemplazan las actividades por metodologías las cuales se deben de realizar cuando se desarrollan los proyectos. Otras formas de llamar a los usos BIM son aplicaciones BIM. (Prado, 2018)

De igual manera, estos usos BIM se pueden dividir según la etapa del proyecto donde se quieran implementar, ya sea en el diseño, en la planificación, en la construcción o en el mantenimiento. Estos usos son definidos por la persona responsable del proyecto, de acuerdo con el Penn State College of engineering (PSU), se pueden definir 25 usos.

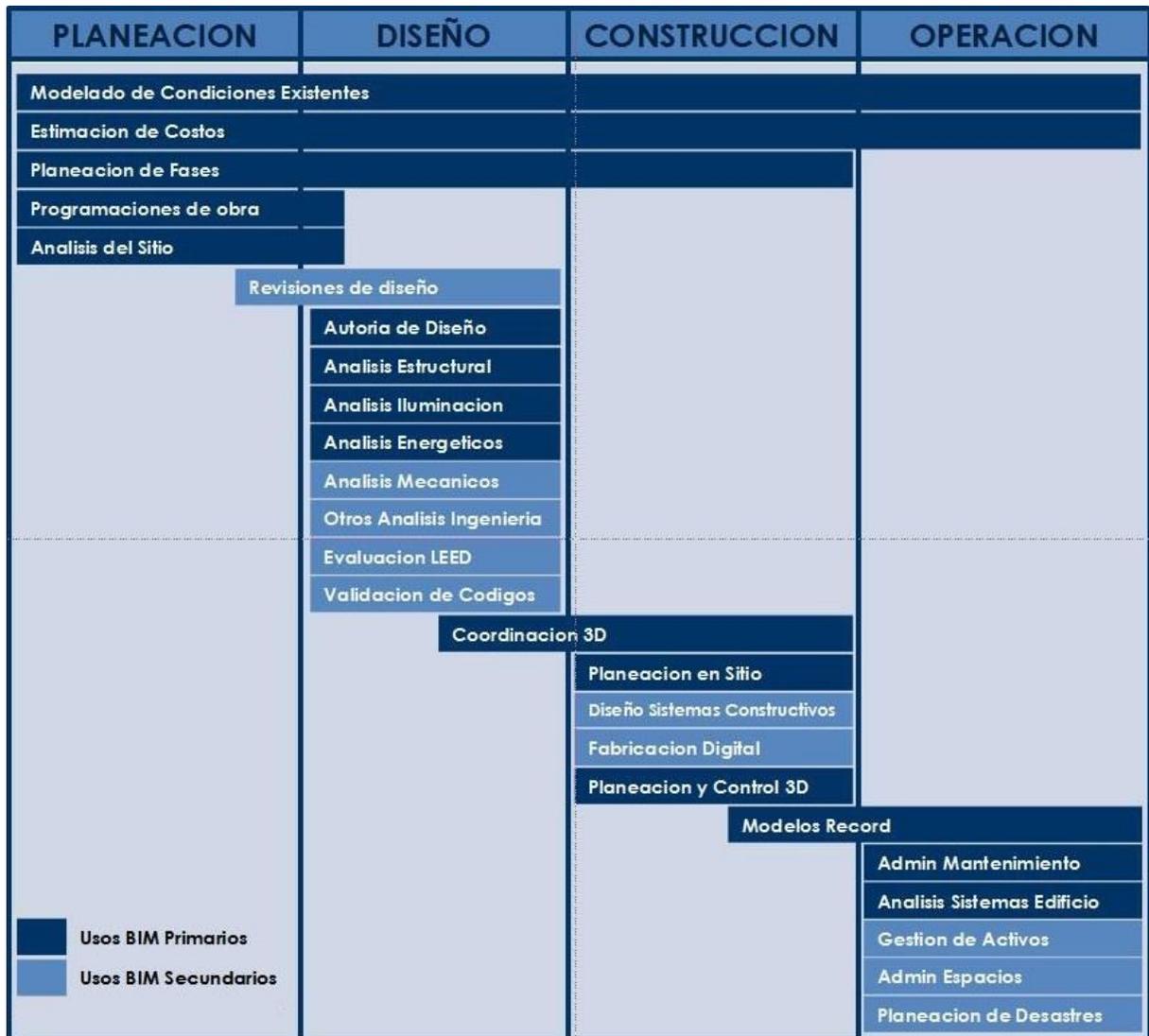


Figura 6: Usos BIM

Fuente: Managebim.wixsite.com

2.1.4. Roles BIM

De acuerdo con Planbim (2017) un rol BIM es una función que se ejecuta en alguna de las etapas del proyecto con base a las capacidades BIM. Así mismo, estos roles se constituyen en base al proyecto y a los usos BIM, ya que se espera que los miembros del proyecto se encarguen de los usos BIM, según el rol que le fue asignado. Por otro lado, es importante definir una serie de pautas acerca de la definición de un rol BIM.

- Un rol BIM no define una nueva disciplina

- Una misma persona puede ejecutar más de un rol dentro de un proyecto
- Un rol no es un cargo, más bien es una responsabilidad sobre acciones en concreto.
- Un rol puede ser ejecutado por más de una persona
- Un rol BIM debe ser desempeñado durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Planbim propone 5 roles BIM principales como los que se muestran en la siguiente matriz

Dirección en BIM	Revisión en BIM	Modelación en BIM	Coordinación en BIM	Gestión en BIM
Fomenta la implementación BIM en un proyecto, según las necesidades del proyecto en la etapa del ciclo de vida del proyecto.	Verifica la información de los modelos desarrollados en BIM, conforme la etapa del ciclo de vida del proyecto.	Se encarga de desarrollar modelos BIM de acuerdo a la especialidad.	Se encarga de desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los actores, además prevé conflictos y concilia soluciones.	Lidera la planificación, desarrollo y administración de los recursos, para la implementación de la metodología BIM

2.2. Software Autodesk Construction Cloud

La industria de la construcción, al igual que cualquier otra disciplina no es perfecta y esto repercute en la aparición de inconvenientes como atrasos, márgenes bajos, escasez en mano de obra calificada etc. Además, la implementación de software o plataforma que ayuden a minimizar estas falencias no ha sido una prioridad.

En la actualidad se está invirtiendo más en la tecnología con el fin de reducir las falencias que se presenta en la obra, debido a que mucha de la tecnología actualmente está destinando a colaborar con la industria de la construcción. Sin embargo, hay que ser precavido, ya que esto en lugar de ayudar, puede empeorar lo que inicialmente se quiso resolver, debido a que cuando se quiere comprar tecnología para abordar problemáticas, por lo general estas son muy específicas. Esto deja de lado todos los desafíos subyacentes del proceso al que se asocian, lo que provoca que se tenga que adquirir múltiples soluciones para enfrentar esto desafíos.

Por otro lado, Ariza (2020) menciona que el 25% de las empresas posee más de 5 aplicaciones, las cuales son utilizadas simultáneamente en cualquier proyecto, lo que repercute directamente en los costos, debido al retrabajo que generan. Además, la gran cantidad de información que se está generando, por lo general no se transfiere a lo largo del ciclo de vida del proyecto, de hecho, aproximadamente el 30% de los datos generados se pierde una vez finalizado el mismo.

Por esa razón, aunque estas herramientas son una muy buena ayuda actuando en un ecosistema independiente, presentan una carencia cuando se conectan y se interactúa con ellas a lo largo del proyecto, ya que se crean nuevas variables y desafíos que no se presentaba en el momento que se hizo la inversión. A raíz de esto nace Autodesk Construction Cloud, con el objetivo de simplificar y unificar las soluciones que se utilizan en el desarrollo de proyectos. (Ariza, 2020)

De hecho, Autodesk Construction Cloud conocido por sus siglas como ACC, es una plataforma unificada la cual proporciona un software para gestión de proyectos, cuantificación y coordinación del diseño. En otras palabras, es una plataforma que sirve para conectar, colaborar y optimizar los proyectos basados en la metodología BIM utilizando una fuente única de información, lo que favorece la toma de decisiones mejorando la productividad.

De acuerdo con el Seys (2021) ACC permite que los equipos de trabajo puedan trabajar de forma paralela en varias fases y aspectos de cualquier proyecto de ingeniería. Además, esta plataforma permite:

- *Centralizar los datos:* Permite centralizar los datos de un mismo proyecto con el objetivo de gestionar de una forma óptima todas las fases por las que pasa una infraestructura en construcción, reduciendo los riesgos y ampliar los márgenes.
- *Simplificar la colaboración:* Simplifica la colaboración y gana previsión sobre el proyecto. Por otro lado, los posibles cambios que sufra el proyecto durante su ejecución no es problema, debido a que, gracias al entorno de datos, adapta los cambios en todas las partes donde estén involucrados los mismos. Esto permite una organización mejorada de recursos y de equipos.
- *Automatizar los flujos de trabajo:* Automatiza los flujos y elimina las tareas innecesarias que no aportan gran valor al proyecto.

- *Trabajar en la nube:* Permite el trabajo en la nube para los equipos puedan estar deslocalizados sin que el falte algún tipo de información
- *Mantener el seguimiento:* Permite mantener el seguimiento de todo el proyecto desde una misma plataforma, la cual se va actualizando en comparación con el avance del proyecto.

Es importante destacar el hecho de que la plataforma del ACC engloba el ciclo de vida de un proyecto BIM desde la etapa del diseño hasta lo que sería el mantenimiento del mismo luego de su construcción.

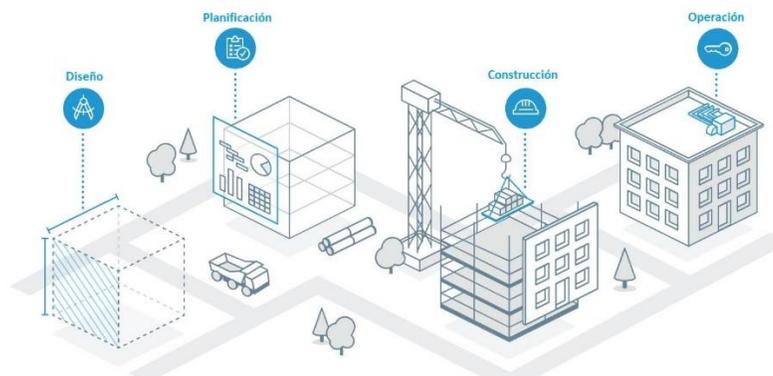


Figura 7: Etapas contempladas en el ACC

Fuente: sonda-mco.com

2.2.1. Plataformas del ACC

La plataforma de ACC está compuesta por varias plataformas de Autodesk unificadas. Estas permiten realizar flujos de trabajo integrados, con el fin de obtener una fuente de información única durante el ciclo de vida del proyecto. De acuerdo con Autodesk (2021) estas son:

- *Autodesk Docs:* Permite organizar y almacenar las carpetas y los archivos del proyecto durante todo su ciclo de vida, incluyendo la distribución de archivos, publicación de planos, revisión de documentos y creación de informes de transmisión.
- *Autodesk BIM Collaborate:* Este servicio permite a los equipos del proyecto poder alinear y ejecutar los diseños de acuerdo a lo previsto en la gestión completa del flujo de trabajo de colaboración y la coordinación. Además, tiene como objetivo reducir las repeticiones del trabajo.

- *Autodesk Build*: Esta plataforma permite gestionar los proyectos de manera conectada, es decir mantiene el proyecto conectado con los flujos de trabajo configurados, optimizados y conectados. Así mismo, cuenta con la capacidad de poder vincular referencias como pueden ser fotografías, modelos o documentos, haciendo que se pueda comprender el impacto de los cambios producidos de una forma rápida.
- *Autodesk Takeoff*: Este servicio permite hacer cuantificaciones 2D + 3D con el fin de generar estimaciones y realizar presupuestos de una forma más sencilla, ya que permite gestionar elementos y documentos en un único entorno. Además, que los equipos aumentan la transparencia y colaboración en sus estimaciones.

2.3. Trabajo Colaborativo

De acuerdo con Gutiérrez (2020) la gestión de la información en el desarrollo de un proyecto de construcción, es un proceso complejo en el cual se involucra gran cantidad de documentos y un número grande de participantes de distintas áreas. Es por eso que con la metodología BIM se plantea la utilización de entornos comunes de datos (CDE). Los entornos comunes de datos son espacios digitales compartidos donde se intercambia y se almacena la información del proyecto. Así mismo, estos espacios son accesibles a todos los miembros del equipo dependiendo su rol y la responsabilidad que posean. Ciertamente, para poder utilizar los CDE se tiene que establecer una estrategia de colaboración que permita poseer trazabilidad de la información, esto permite a los integrantes del proyecto tomar mejores decisiones.

Por otro lado, de acuerdo a lo expuesto en el estándar BIM, los CDE deben de ser la única fuente de información que permita, recopilar, gestionar y difundir documentos que se utilicen en un proyecto. Además, de acuerdo con la norma ISO 19650 los CDE son un espacio que permite la seguridad a la hora de intercambiar información, brindando un flujo de trabajo colaborativo.

Así mismo, los CDE pueden estar compuestos por más de una solución informática dependiendo de la etapa del proyecto. Igualmente, el estándar BIM establece que este sistema tiene que considerar ciertas condiciones como: que sea una plataforma colaborativa que facilite trabajar con información unificada y centralizada, que sea una plataforma de gestión documental que permita controlar el proceso de intercambio de información y colaboración, y

que permitan el registro y la trazabilidad de revisiones, comentarios e incidencias. (Gutiérrez, 2020)

En lo referente al trabajo colaborativo, es algo inherente en los procesos de planificación, diseño y construcción, esto debido a la gran cantidad de profesionales que intervienen en el proyecto. Es por eso que Eastman (2008) menciona que es necesario un trabajo en conjunto y un espacio de colaboración, en el cual cada área pueda contribuir con los datos necesarios con el fin de lograr un objetivo en común.

Por otra parte, el trabajo colaborativo es una estrategia perteneciente a la socioformación que ha contribuido con la construcción y consolidación de la sociedad del conocimiento. Este enfoque tiene como objetivo que las personas se formen mediante la elaboración y ejecución de proyectos, donde se favorezca la gestión y co-creación del conocimiento, el trabajo colaborativo, la gestión del cambio y el afrontar a la incertidumbre. (Antonio et al, 2017)

Sin embargo, es necesario recalcar que en todo proceso de trabajo colaborativo es importante que los integrantes acuerden un objetivo en común, de preferencia que se involucre la solución del problema. Debido a que, al generar una meta en común, permite la creación de productos que evidencien el desempeño de los integrantes del equipo. (Antonio et al, 2017)

Igualmente, es importante mencionar que gracias a BIM, se puede pasar de un trabajo en silos (flujo lineal) a un trabajo colaborativo (flujo circular).

2.4. Estructura de desglose del trabajo (EDT)

De acuerdo con Loor (2016) en la gestión de proyectos, la estructura de desglose de trabajo es una herramienta fundamental para la planificación y el control de proyectos, a fin de organizar y definir el alcance total.

Por otro lado, el EDT fracciona el proyecto en diversos entregables menores, lo que permite poder manejarlos de mejor manera. Esto permite asegurar su identificación en todas las tareas críticas y que son necesarias para completar el alcance del proyecto. Así mismo, la subdivisión se realiza hasta obtener suficientes detalles para poder respaldar el desarrollo de las actividades como: planificación, ejecución, control y cierre. (Loor, 2016)

Es decir, el EDT es una de las primordiales aportaciones que se le puede hacer a la administración de los proyectos por parte del PMI. De hecho, es considerada como una de las sociedades profesionales más importantes en la gestión de proyectos.

Es importante destacar que en muchas ocasiones el fracaso de los proyectos se le atribuye a la falta de aplicación de la gestión de proyectos. Esto recae en el hecho que se mide la importancia de un proyecto dependiendo de su costo, sin considerar la importancia del EDT. A pesar de que en otros ámbitos de trabajo relacionado a proyectos esta herramienta es muy exitosa. (Loor, 2016)

De igual manera, de acuerdo con Loor (2016) tras observar la gestión de proyectos, denota la falta de una herramienta clave para la gerencia de proyectos, siendo imprescindible el EDT para la planificación y control de proyectos. También, Loor menciona como en otros países consideran el EDT como una herramienta principal para trabajar. Esto debido a las exigencias del medio internacional y a que, por su nivel técnico y económico, permite la aplicación de todos los elementos del EDT como medio de seguridad para la inversión.

Importancia de la utilidad de la EDT en las etapas del proyecto de acuerdo con (Loor, 2016)

En la planificación:

- Permite consolidar los requerimientos del cliente.
- Es la base para obtener el cronograma, el presupuesto y el flujo de caja
- Brinda una forma de aseguramiento para no duplicar las tareas.

En la ejecución y control:

- Funciona como mapa de control para lograr el alcance.
- Sirve como insumo para el control de cambios
- Sirve como una herramienta para negociaciones del cambio del alcance.

En el cierre:

- Sirve como insumo para retroalimentar los procesos de mejora continua.
- Funciona como ayuda para documentar las lecciones aprendidas en el proceso.

De acuerdo al PMBOK (2018) la estructura de desglose del trabajo o EDT conocido por sus siglas, es una descomposición jerárquica del alcance del trabajo. Tiene como fin, cumplir las finalidades del proyecto y crear los objetivos necesarios.

Por otro lado, la importancia del EDT recae en la finalidad de identificar y definir los esfuerzos requeridos, asignar las responsabilidades a los elementos de la organización y que en base al EDT se pueda establecer un cronograma y un presupuesto adecuado.

De acuerdo con Loor (2016) alguno de los errores más comunes sobre el EDT son los siguientes:

- Utilizar el EDT como si fuera un check list.
- Organizar el EDT según la estructura organizacional
- Falta de una trazabilidad del EDT
- El hecho de no ir actualizando el EDT a lo largo de la implementación del proyecto.
- El no prever acciones de soporte.

Una EDT que se orienta en los entregables, puede definir el trabajo del proyecto en términos de los componentes que conforman el entregable.

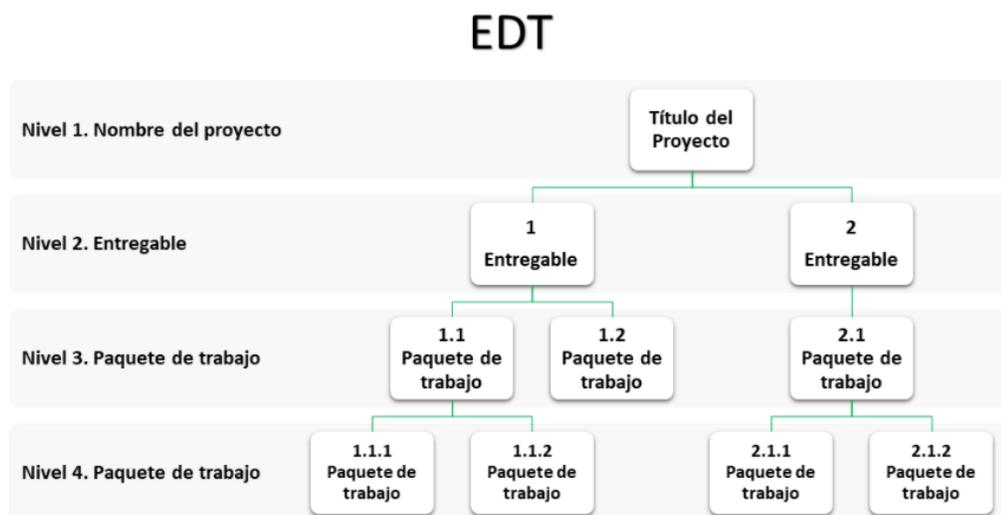


Figura 8: Ejemplo de entregables según el EDT

Fuente: enredandoproyectos.com

Además, dependiendo del objetivo del proyecto se pueden usar diferentes tipos de EDT que estén orientadas en:

- Fases en proyectos largos
- Acciones para obtención de entregables

- Disciplinas o tipos de organización
- Centro de coste
- Localizaciones o zonas geográficas

2.5. Flujos de trabajo

Según García (2013) los flujos de trabajo se pueden entender como una red de procesos analíticos que pueden ser lineales y simples o por el contrario complejos y no lineales, diseñados sobre un conjunto de datos.

Es decir, los flujos de trabajo representan una automatización de los procesos que se desarrollan en una empresa día tras día. De esta manera las tareas que deben realizarse, se hacen de un trabajador a otro siguiendo un orden jerárquico, y normas o patrones también previamente determinados. Esto se realiza con el fin de conectar a todos los trabajadores de la empresa con todos los procesos relacionados con esta, siguiendo un orden establecido. (García, 2013)

Por otra parte, los flujos de trabajo permiten que la división de tareas sea más simple y más clara para todos los departamentos. También, la comunicación interna de la empresa se realiza de forma más sencilla. Por otro lado, permite que los procesos queden integrados, lo que permite la coordinación, y evita los problemas por falta de entendimiento.

Además, los flujos involucran un número de pasos lógicos. Estos pasos también se conocen como actividades, las cuales pueden involucrar interacciones manuales, ya sea con un usuario, o con otro flujo de trabajo. Así mismo, la actividad puede ser ejecutada usando algún recurso.

De acuerdo con Plesums (2002) un flujo de trabajo es:

- Una secuencia de tareas en las cuales intervienen participantes
- Cada participante desempeña una función.
- Los productos se manipulan y se transfieren entre participantes.
- Se utiliza la información que fluye entre las tareas.
- Sirve para alcanzar un objetivo.

La gestión de flujos de trabajo para los procesos requiere de herramientas como software, los cuales presentan elementos para: definirlos, ejecutarlos, interfaz para utilizarlos y compartirlos. Por otro lado, la necesidad de reorganizar y mejorar los procesos de negocio

en la tecnología de la información ha funcionado para crear un gran mercado para los sistemas gestores de flujos de trabajo (Casati et al, 1996).

En cuanto a los sistemas gestores de flujos de trabajo, proporcionan una sistematización para los procesos de negocios mediante la gestión de la secuencia de actividades que componen los procesos informáticos. Además, estos sistemas pueden crear y gestionar la ejecución de flujos mediante el uso de software, los cuales ayudan a interpretar la definición del proceso, así como la interacción con los participantes.

2.6. Proyectos

De acuerdo con PMI- PMBOK (2017) se puede definir al proyecto como un esfuerzo temporal para crear un producto o servicio. Además, este se finaliza cuando se logran los objetivos impuestos o ya se solventó la necesidad que le dio origen.

Por otro lado, la asociación para la gestión de proyectos (AMP) lo define como un único y transitorio esfuerzo que es llevado a cabo con el fin de lograr un resultado ansiado.

2.6.1. Ciclo de vida de un proyecto

Según el PmBok (2017) los administradores pueden dividir el proyecto en diferentes fases con el fin de obtener mejor control sobre el trabajo dentro de la organización. Estas fases son llamadas como ciclo de vida de un proyecto. Así mismo, este define una secuencia jerárquica de fases, las cuales cada una están separadas por un proceso de aprobación.

Se puede decir que los proyectos están constituidos por varias fases, esto con el fin de llevar a cabo la administración y el control de una forma más eficiente.

El ciclo de vida de un proyecto generalmente define lo siguiente:

- El trabajo que deberá realizarse en cada fase.
- Cuáles son los entregables para cada fase, además de como generarlos, verificarlos y validarlos.
- Cuál es la red de miembros que se involucran en cada fase.
- Cuáles son los mecanismos de control se utilizan en cada fase

Por otra parte, cada fase del proyecto se encuentra finalizada cuando se encuentre terminada la producción de entregables. Se puede entender por entregables, los bienes o servicios que son definidos y que se pueden verificar que son producidos durante el

proyecto, o en defecto son sus resultados. Si bien todos los proyectos son distintos, los entregables son parecidos y la mayoría comprenden las mismas fases como se puede ver en la Figura 9.

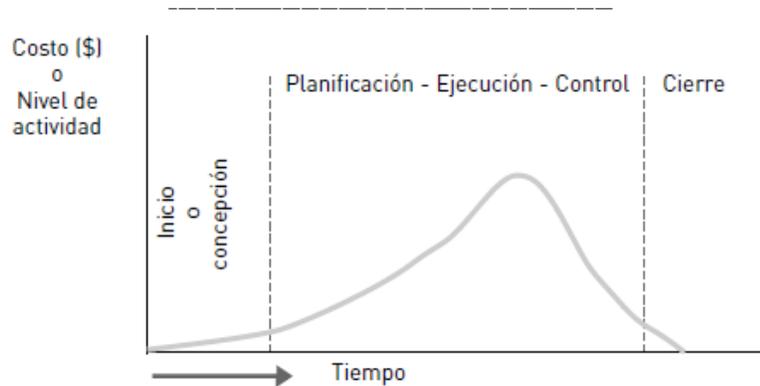


Figura 9: Ciclo de vida de un proyecto
Fuente: (Llegó & Rivarola, 2007)

En cuanto a las actividades que caracterizan cada fase del proceso del ciclo de vida se puede identificar los siguientes. Ver Figura 10

Ciclo de vida del proyecto.				
Fase	Conceptual	Planeación	Ejecución	Terminación
Acciones	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las necesidades que cubrirá el proyecto. • Establecer las metas • Estimar los recursos que la organización deberá utilizar. • "Vender" al proyecto como una necesidad para la organización. • Concertar citas con las personas clave. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir la organización del proyecto. • Definir los objetivos del proyecto. • Preparar la programación para la fase de ejecución. • Definir y localizar tareas y recursos. • "Construir" el equipo del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar el trabajo del proyecto. (Diseñar, construir, producir, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Asistir en transferir el producto del proyecto. • Transferir los recursos humanos y no humanos para otras organizaciones. • Transferir o completar comisiones. • Terminar el proyecto. • Recompensar el personal.

Figura 10: Actividades para cada fase del proyecto

Fuente: (Marcias, 2009)

2.6.2. Áreas del conocimiento

De acuerdo con PMBOK (Project Management Body Of Knowledge) las áreas de conocimiento son áreas identificadas de la dirección de proyectos, las cuales están definidas por sus requisitos de conocimiento y las cuales se describen en términos de sus procesos, prácticas, datos de inicio, herramientas y resultados que los componen. Es importante mencionar que en estas áreas están incorporados los procesos bajo los estándares del PMI mencionados anteriormente (Inicio, Planeación, Ejecución, Control y Cierre). De acuerdo con el (PMBOK, 2017) estas áreas son:

- *Gestión del alcance:* Esta define lo que se va a realizar y lo que no. Además, está compuesto por el total de actividades y especificaciones que componen lo necesario para lograr el 100% del proyecto. Además, para gestionar el alcance se debe tener claras las necesidades del cliente.
- *Gestión del tiempo:* Aquí se incluyen los procesos requeridos para administrar a tiempo la conclusión del proyecto. El programa del proyecto tiene un papel importante porque provee la integración de cada trabajo con sus responsables correspondientes a lo largo de todo el tiempo.
- *Gestión de los costos:* Se incluyen los procesos que están involucrados en la planificación, estimación, presupuestación, gestión y control de los costos de manera que se finalice el proyecto dentro del presupuesto aprobado.
- *Gestión de la calidad:* Aquí se incluyen los procesos para implementar la política de calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto. Esto con el fin de satisfacer los objetivos de los interesados.
- *Gestión de los recursos:* Aquí se incluyen los procesos para la identificación, adquisición y gestión de los recursos necesarios para que el proyecto concluya de manera exitosa. A la vez se tiene que lograr el mejor desempeño de los participantes en el proyecto
- *Gestión de las comunicaciones:* Se incluyen los procesos necesarios que aseguren las necesidades de información del proyecto y de sus interesados. Además, busca que estas se satisfagan a través del desarrollo de objetos y de la implementación de actividades diseñadas para lograr un intercambio eficaz de información.
- *Gestión de los riesgos:* Aquí se incluyen los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, la implementación de la respuesta y el monitoreo

de los riesgos de un proyecto. Entre los objetivos de la gestión del riesgo se tiene el aumentar los impactos positivos o su probabilidad y disminuir los impactos negativos o su probabilidad.

- *Gestión de la adquisición:* Se incluyen los procesos necesarios para la adquisición de los productos, servicios o resultados que son necesarios obtener fuera del equipo del proyecto. El personal autorizado para adquirir los bienes requeridos para el desarrollo del proyecto puede incluir miembros del equipo, gerencia o parte del departamento de compras de la organización.
- *Gestión de los interesados:* Aquí se incluyen los procesos que se requieren para identificar a las personas o grupos que puedan afectar al proyecto, o por el contrario ser afectados por el mismo. Esto con el fin de lograr la participación eficaz de los interesados en decisiones de este.
- *Gestión de la integración:* Aquí se incluyen los procesos y las actividades para la identificación, definición, unificación y coordinación de los diversos procesos y actividades del proyecto dentro de los procesos de la dirección.

CAPÍTULO 3. SOFTWARE

3.1. Selección y justificación del software

3.1.1. Software para el modelado

Para el proceso de selección del software, inicialmente se indagó sobre un software que permitiera como característica principal no solo diseñar elementos en 3D, sino que también se caracterizará por su familiarización con procesos BIM, y donde se pudieran analizar los diferentes flujos de trabajo que intervienen en la gestión de un proyecto donde se aplique el trabajo colaborativo. Por esa razón es que programas muy populares como Sketch Up no se tomaron en cuenta, ya que, si bien permite el diseño en 3D, no permite el desarrollo de la metodología BIM en el trabajo colaborativo.

Luego de indagar sobre posibles softwares que contarán con propiedades que se adaptarán a las necesidades comentadas anteriormente, se determinó a Revit y a ArchiCAD como candidatos a elegir. Sin embargo, al analizar ambos softwares a profundidad se decidió usar Revit, ya que es un software más especializado en el ámbito de la construcción, contempla mayor cantidad de familias, plantillas y elementos que ArchiCAD. Por otro lado, permite la colaboración en la nube, característica fundamental para el trabajo colaborativo. Además, es

el software con el que más se está familiarizado, haciendo que el proceso de aprendizaje se realice de una forma más rápida y eficaz.

3.1.2. Software para el trabajo colaborativo

Para el software o plataforma que se utilizó para el proceso de colaboración, inicialmente se consideró el uso la plataforma del BIM 360, ya que esta es una herramienta que contribuye de manera significativa en la gestión de la construcción. Este software se apoya en el servicio de la nube, el cual sirve como medio universal donde los miembros del proyecto acceden y visualizan todo lo relacionado con el proyecto. Por otro lado, permite trabajar distintas fases de un proyecto de forma colaborativa. Además, BIM 360 cuenta con varios módulos como BIM 360 Docs, BIM 360 Design, BIM 360 Build y BIM Coordinate, estos módulos son independientes, pero se complementan entre sí.

Por otro parte, a inicio del año 2021 se implementó una nueva plataforma llamada Autodesk Construction Cloud, esta plataforma cuenta con la característica que integra todas las herramientas y funciones de BIM 360 más las funciones del AEC Collection. En otras palabras, la plataforma de Autodesk Construction Cloud está compuesto por: Autodesk Docs, Autodesk BIM Collaborate, Autodesk Build, Autodesk Take off. Todos estos servicios están implementados en la misma plataforma y se comparten información entre sí.

De igual manera, es importante destacar que Autodesk Construction Cloud, a diferencia de BIM 360 presenta todas sus herramientas en una plataforma más intuitiva, ya que cada herramienta está relacionada con una etapa del ciclo de vida del proyecto. Por otro lado, BIM 360 presenta las herramientas separadas, lo que hace que los integrantes no sientan que están integrados en el proyecto, debido a la falta de comunicación con las otras fases.

Igualmente, al contactarse con los encargados de Autodesk Costa Rica, con el fin de poder obtener una licencia para BIM 360, ellos ya contaban con la posibilidad de ofrecer además de BIM 360, Autodesk Construction Cloud.

El criterio de decisión para la elección del tipo de plataforma a utilizar se fundamentó en lo siguiente.

Primeramente, la plataforma del Autodesk Construction Cloud cuenta con todas las funciones de BIM 360, pero implementadas en un solo lugar y se presentan de una forma más intuitiva. Esto repercute directamente en mayor facilidad y rapidez a la hora de implementar

las herramientas de la plataforma. Además, la plataforma cuenta con más herramientas en comparación con BIM 360, sin bien es cierto muchas de las misma no se utilizaron para este proyecto, se logró aprender el funcionamiento de las mismas, por lo que, si se llegará a utilizar nuevamente la plataforma para otro proyecto, no habría problema en el manejo del mismo.

Como segundo aspecto, Autodesk Construction Cloud es una plataforma más reciente en comparación con BIM 360, se puede decir que es una mejora del mismo. Esto implica que es más factible que en futuros proyectos se comience a utilizar más esta plataforma, por lo que sería ideal saber cómo utilizarla.

3.1.2.1. Funcionalidades de la plataforma

Una de las características principales del Autodesk Construction Cloud, es que la plataforma cuenta con una serie de herramientas que ayuda a cada fase del ciclo de vida del proyecto. Estas herramientas son:

- **Docs:** Dentro de Docs se encuentran varias herramientas como:
 - Archivos:** La cual se utiliza para centralizar toda la información del proyecto en solo lugar. Además, que permite disponer de un sistema de carpetas donde se almacena la información deseada con la posibilidad de poder definir quien tiene derecho a observar esta información. Por ejemplo, el gerente BIM puede definir que el modelo mecánico solo lo vea el Ing. Electromecánico y cuando se requiera se pueda compartir esta información con otros miembros del proyecto, esto permite que se lleve un mejor control de la información dependiendo la función de cada miembro.

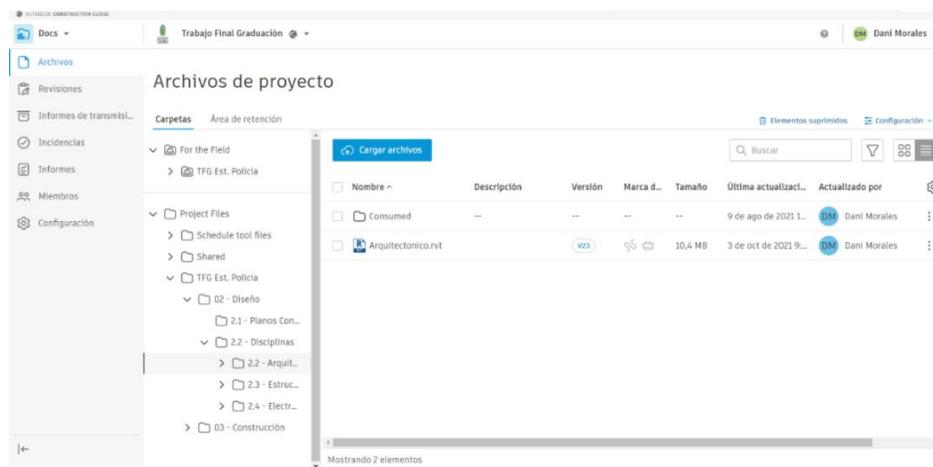


Figura 11: Herramienta de archivos de Docs

Revisiones: Permite someter archivos a procesos de revisión, con la ventaja de poder seleccionar si lo revisa una o varias personas, creando un flujo de revisiones más amplio. Así mismo, otra opción es que se le asigne a una persona una revisión y se les comunique a otras sobre el proceso, esto con el fin de que todo el equipo de trabajo tenga una noción de lo que está sucediendo. Este proceso permite crear un flujo de revisiones.

Estado	ID	Nombre de la revisión	Flujo de trabajo	Iniciado por	Siguiete acción de	La siguiente acción vence	Archivos
CERRADO	9	Revisión del movimiento ...	Revisión EM	Dani Morales	--	--	1
CERRADO	8	Consulta Concreto column...	Revisión MJ	Dani Morales	--	--	1
ABIERTO	7	Revisión sistema electrico	Revisión AR	Dani Morales	Allan Rojas	23 de sep de 2021	1
CERRADO	6	Revisión Modelo Mecanico	Revisión AR	Dani Morales	--	--	1
CERRADO	5	Niveles	Revisión EM	Dani Morales	--	--	1
CERRADO	4	REvición ventanas	Revisión	Dani Morales	--	--	1
NULO	3	Revisión ventanas primer ...	Aprobación individual	Dani Morales	--	--	1
CERRADO	2	Aprobación de las condic...	Aprobación individual	Dani Morales	--	--	1

Figura 12: Herramienta de revisiones en Docs

Informes de transmisión: Permite enviar archivos a diferentes miembros que originalmente no tienen acceso a visualizarlos. De esta manera, permite que miembros que originalmente no tiene acceso a visualizar determinados archivos, puedan acceder en dado caso que se requiera. Puede ser para una revisión o un avance.

Estado	ID	Título	Enviado p...	Destinatarios	Hora de creación	Archivos
	1	Arquitectonico	Dani Mor...	Dani Morales	15 de sep de 2021 10:03	1

Figura 13: Herramienta de informes de transmisión en Docs

Incidencias: La cual se utiliza para crear incidencias. Entiéndase por la misma como un choque o un conflicto entre elementos, ya sea que se produzca dentro de un mismo modelo o en el cruce de diferentes modelos. Esta herramienta se usa para notificar a miembros encargados de la modelación sobre estos errores en la constructibilidad.

Titulo	ID	Estado	Tipo	Asignado a	Fecha de venc.	Fecha de inicio	Posición
2 conflictos en 2 grupos de conflictos	#7	Cerradas	CL Clash	Dani Morales	24 de sep. de 2021	14 de sep. de 2021	Arquitectonik
Conduit with Fittings [807337] y Sur...	#6	Cerradas	CL Clash	Dani Morales	21 de sep. de 2021	14 de sep. de 2021	MEP_IE.rvt
Coordinación de Basic Wall	#5	Cerradas	COO Coordinat...	Dani Morales	24 de sep. de 2021	15 de sep. de 2021	Arquitectonik
Coordinación de ventana 2 nivel	#4	Cerradas	CL Clash	Dani Morales	17 de sep. de 2021	13 de sep. de 2021	Arquitectonik

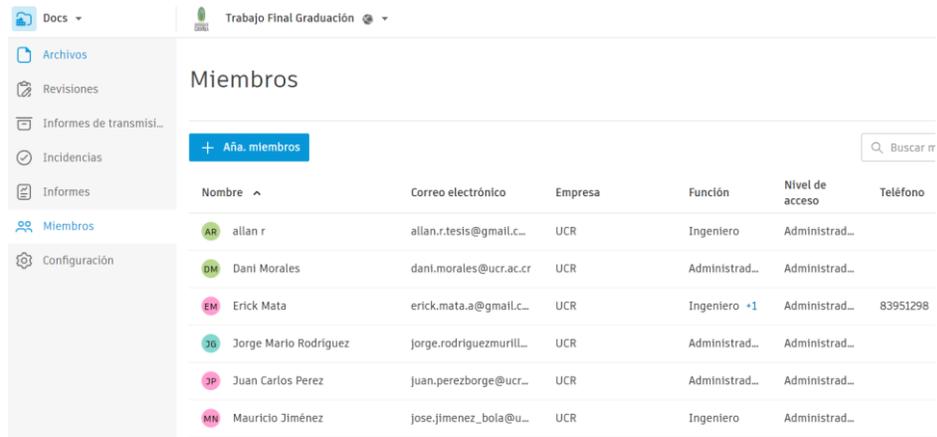
Figura 14: Herramienta de incidencias en Docs

Informe: La cual se utiliza para generar documentos unificados de las revisiones e incidencias. Así mismo, tiene como fin de exportar los documentos en formato pdf, por si se desea enviárselo a algún miembro del proyecto.

Titulo	Tipo	Creado por	Última actualización
Detalle de la incidencia	Detalle de la incidencia	Dani Morales	23 de sep. de 2021 09:51
Detalle de la incidencia	Detalle de la incidencia	Dani Morales	23 de sep. de 2021 09:49
Resumen del estado de la incidencia	Resumen del estado de la inciden... (Plantilla por defecto)		10 de sep. de 2021 15:40

Figura 15: Herramienta de informes en Docs

Miembros: Permiten ingresar más miembros al proyecto.



Nombre	Correo electrónico	Empresa	Función	Nivel de acceso	Teléfono
allan r	allan.r.tesis@gmail.c...	UCR	Ingeniero	Administrad...	
Dani Morales	dani.morales@ucr.ac.cr	UCR	Administrad...	Administrad...	
Erick Mata	erick.mata.a@gmail.c...	UCR	Ingeniero +1	Administrad...	83951298
Jorge Mario Rodríguez	jorge.rodriguezmurill...	UCR	Administrad...	Administrad...	
Juan Carlos Perez	juan.perezborge@ucr...	UCR	Administrad...	Administrad...	
Mauricio Jiménez	jose.jimenez_bola@u...	UCR	Ingeniero	Administrad...	

Figura 16: Herramienta de miembros en Docs

- *Design Collaboration:* Este segmento presenta varias herramientas como:
Estado del proyecto: La cual funciona para ver las publicaciones que se realicen en los modelos previamente seleccionados.

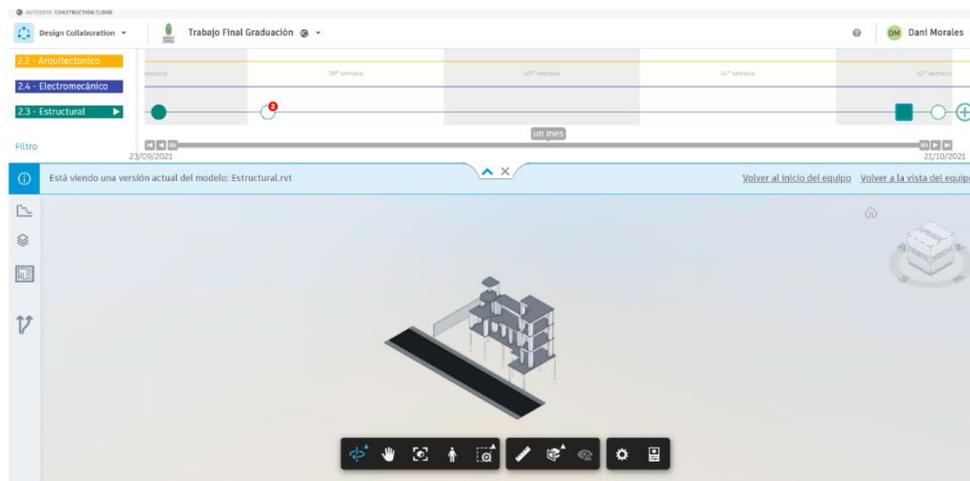


Figura 17: Herramienta estado del proyecto en Design Collaboration

Cambios: Permite crear un grupo para inspección, donde se permiten visualizar los cambios producidos en un modelo actualizado en comparación con su versión más antigua. Por ejemplo, si tiene un modelo en un grupo de inspección, se puede visualizar cada cambio que se realicen en este e incluso compararlo con versiones distintas o antiguas del mismo.



Figura 18: Herramienta cambios en Design Collaboration

Reuniones: La cual permite crear reuniones mediante plataformas externas como Zoom. Además, permite registrar los temas que se quieran tratar en la reunión, permitiendo también llevar un registro de si estos temas se lograron discutir en la reunión o en su defecto registrarlos para la próxima reunión.

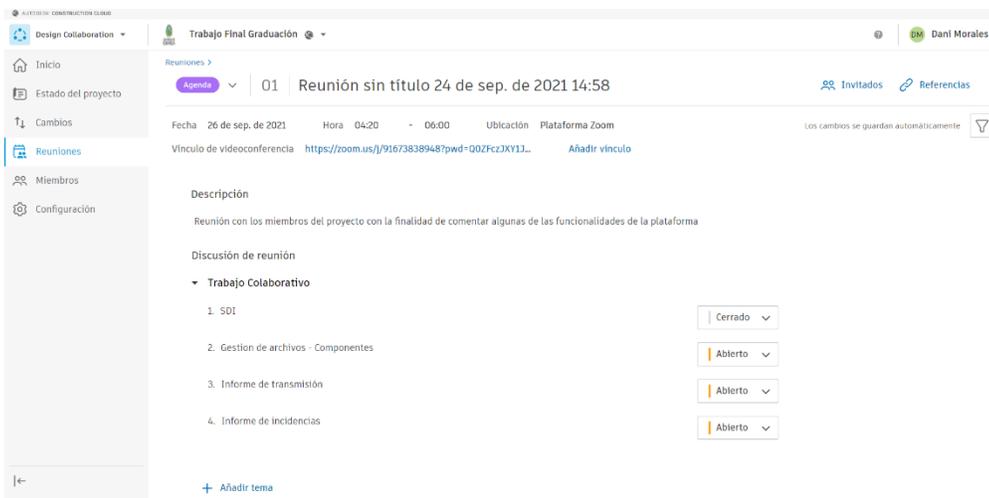


Figura 19: Herramienta de reuniones en Design Collaboration

- Model Coordination:** Presenta varias herramientas como:
 - Modelos:** Esta herramienta permite visualizar todos los modelos almacenados en la plataforma. En efecto, se puede ver cada modelo de forma individual o visualizarlo como se relacionan en conjunto.

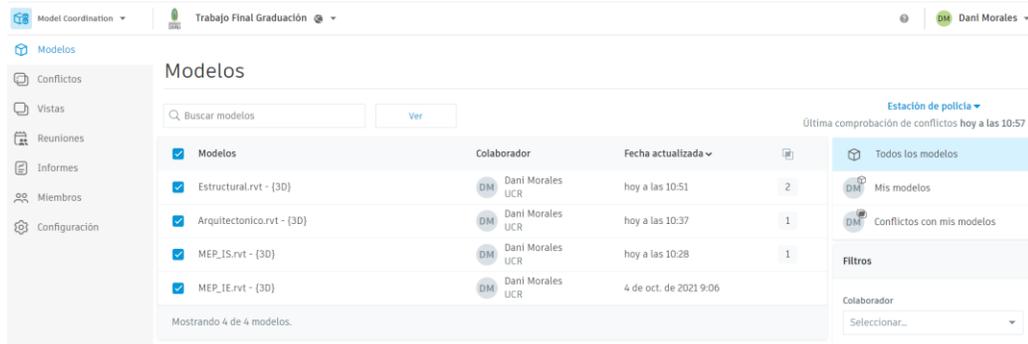


Figura 20: Herramienta modelos de Model Coordination

Conflictos: Esta herramienta permite generar una matriz donde se visualizan los conflictos existentes entre cada modelo. Esto tiene como fin poder solucionar estos conflictos de una manera más sencilla. Por ejemplo, se puede observar los conflictos que hay entre el modelo estructural y el modelo mecánico.

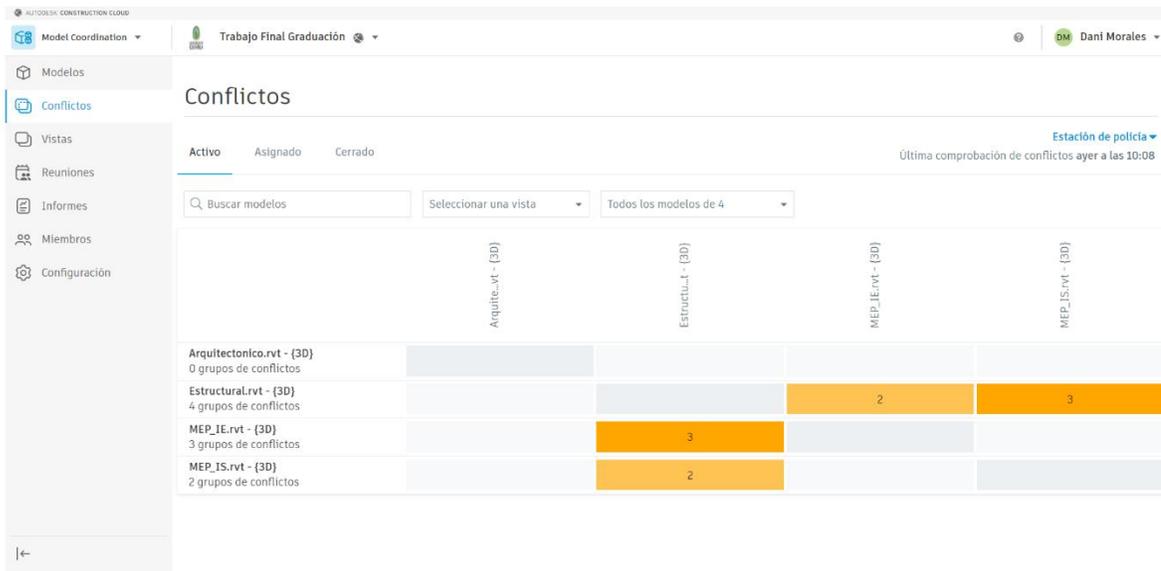


Figura 21: Herramienta conflicto de Model Coordination

- **Takeoff:** Este apartado presenta características para realizar el proceso de cuantificación del proyecto. Entre sus herramientas nos presenta:
 - Paquetes:** Permite crear paquetes los cuales están conformados por elementos cuantificados del proyecto. Por ejemplo, se puede crear un paquete llamado columnas, y dentro de este paquete se encuentran las cuantificaciones de las columnas del nivel 1, nivel 2 etc.

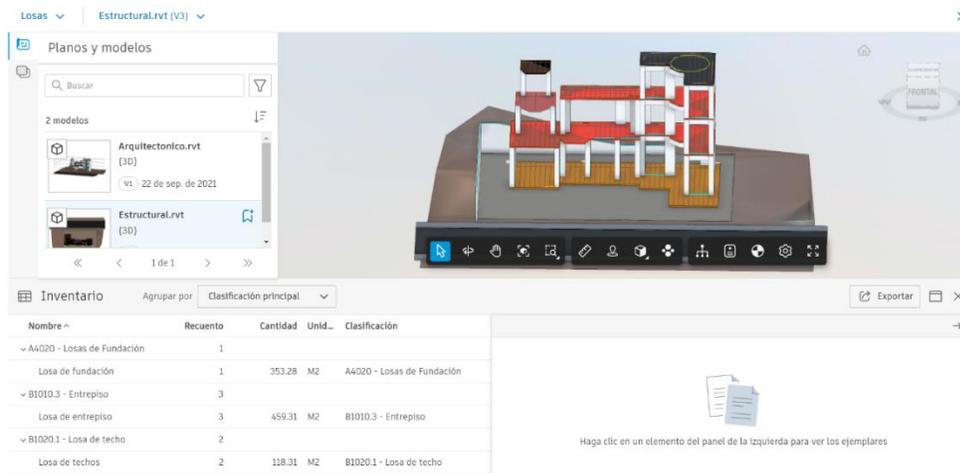


Figura 22: Paquete losas en Takeoff

Planos y modelos: Sirve para visualizar los modelos y planos que estén cargados en la plataforma, y a los cuales se les procederá a realizar la cuantificación. Además, funciona para ver los elementos presentes en el modelo que ya forma parte de la cuantificación de un paquete.

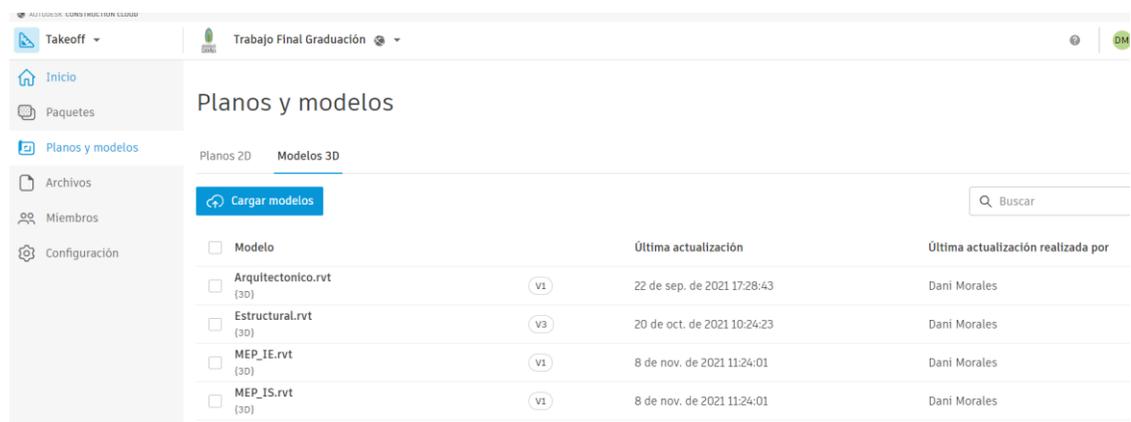


Figura 23: Herramienta de Planos y Modelos de Takeoff

- **Build:** En este apartado se repite muchas de las herramientas de otros apartados. Sin embargo, presenta herramientas nuevas de gran utilidad como:

SDI: Esta herramienta permite realizar solicitudes de información (SDI), es decir pedir peticiones sobre la información de un elemento o un proceso. También, esta herramienta permite adjuntar diferentes archivos como documentos, modelos, fotos o planos en las solicitudes. Esto permite que las SDI no solo sean preguntas textuales, sino también ilustrativas.

Estado	ID	Título	Destinatario de asignación	Fecha de vencimiento	Ubicación	Impacto
Cerrada	4	prueba	Dani Morales UCR	14 de oct. de 2021		Unknc
Cerrada	5	Prueba	Dani Morales UCR	15 de oct. de 2021		No
Cerrada	6	Movimiento de tierra	Dani Morales UCR	24 de oct. de 2021		Yes
Cerrada	7	Muro de retención	Dani Morales UCR	24 de oct. de 2021		Yes
Cerrada	9	Chequeo formaletas	Dani Morales UCR	24 de oct. de 2021		Yes
Abierta En revisión	8	Fundaciones	Erick Mata UCR	24 de oct. de 2021		-

Figura 24: Solicitud de la información en Build

Presentaciones: La cual permite presentar diferentes tipos de información a uno o varios miembros del proyecto. Por ejemplo, se puede enviar el avance de obra para que el encargado lo visualice y lo apruebe.

Estado	N.º	Espec.	Rev.	Título	Tipo	Prioridad	Paquete	Destinatario
Abierto Revisado	12	3 Arquitectónico	1	Formaletas	Other	Normal	3-001 Aprobaciones arqu...	Dani Mo UCR
Cerrado	11	3 Arquitectónico	0	Muros	Other	Normal	3-001 Aprobaciones arqu...	Erick Mz UCR
Cerrado	10	2 Estructural	0	Fundaciones	Qualification Dat	Normal	2-001 Documentos estruct...	Erick Mz UCR
Cerrado	9	2 Estructural	0	Fundaciones	Other	Normal	2-001 Documentos estruct...	Erick Mz UCR
Cerrado	8	2 Estructural	1	Pilotes	Other	Normal	2-001 Documentos estruct...	Erick Mz UCR
Abierto En revisión	7	2 Estructural	0	Muro de retención	Other	Normal	2-001 Documentos estruct...	Mauricio UCR

Figura 25: Herramienta presentaciones en Build

Planificación: Sirve para visualizar el control del proyecto mediante un cronograma.

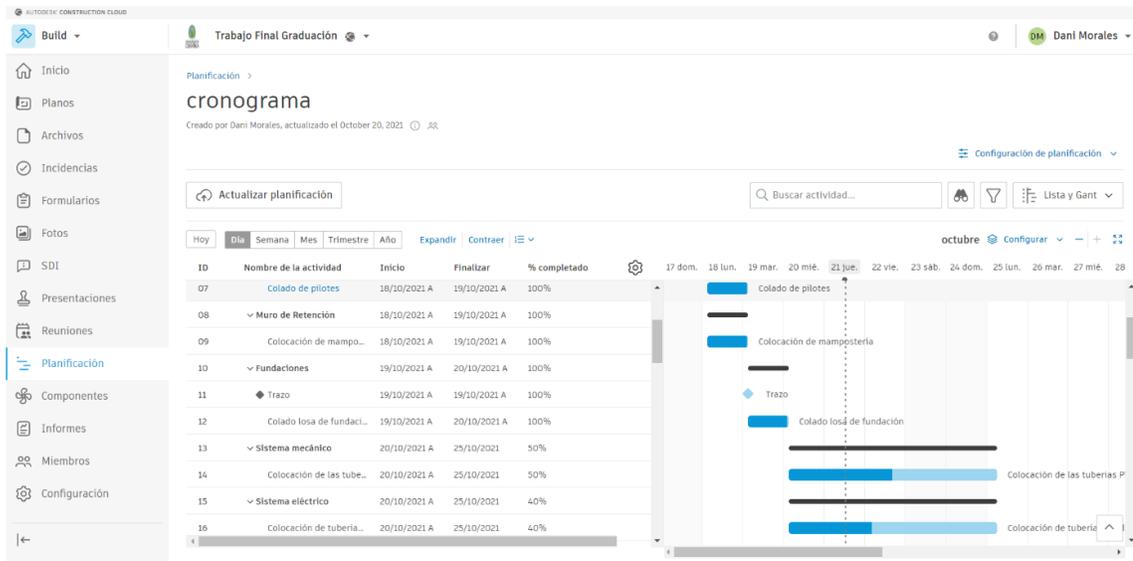


Figura 26: Herramienta planificación en Build

- **Cost Management:** Esta rama está enfocada en llevar el control de los costos de la obra. Presenta herramientas como: *presupuesto*, *coste* y *orden de cambio*. Estas herramientas permiten llevar el control de los gastos mediante la importación de un presupuesto previamente realizado en Excel. Además, permite llevar el control de las ordenes de cambio que se produzcan en el proyecto.
- **Insight:** Esta rama sirve como resumen, ya que la misma funciona para ver las incidencias, solicitudes de la información etc. Así mismo, ver cuales están activas, los periodos en las que se realizaron etc.

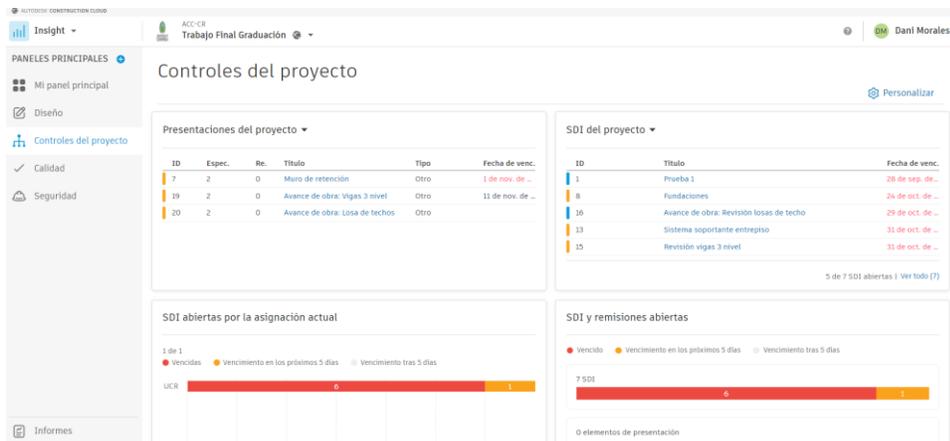


Figura 27: Controles del proyecto de Insight

3.1.2.2. Oportunidades de mejoras para la plataforma

En esta sección se define algunas oportunidades de mejoras que se pueden implementar en la plataforma.

- Para la herramienta de revisiones se podría omitir crear los flujos del trabajo, ya que esto hace que se tenga que crear muchos flujos dependiendo de a quienes se les requiera mandar revisiones. Una opción es durante la creación de las revisiones, se pueda colocar a quienes se les debe mandar las revisiones sin necesidad de contar con los flujos ya establecidos.
- Que la plataforma cuente con opciones de ayuda, donde se explique el funcionamiento de las herramientas. Por ejemplo, esta opción se puede visualizar en softwares como Revit o Matlab.
- La plataforma no detecta elementos comunes en los modelos de las disciplinas, por lo que se podría mejorar este aspecto. Por ejemplo, el terreno donde se sitúa los modelos es algo compartido, sin embargo, la plataforma detecta esto como si se tratara de un conflicto.
- En la herramienta de Takeoff, la plataforma tiende a no reconocer ciertos elementos modelados, lo que provoca que no se puedan cuantificar, en especial en elementos creados mediante la opción de componentes en Revit.
- En la herramienta de planificación del Build, la plataforma no permite crear un cronograma de actividades, solo se puede cargar uno diseñado en Project, de hecho, el cronograma cargado tampoco se puede modificar. Es por eso que se

podría comenzar permitiendo que la plataforma pueda hacer cambios en el cronograma y en un futuro permitir la creación del mismo.

- Mejorar el tema de las notificaciones, debido a que las mismas no son del todo precisas. Se podría implementar la opción de que las notificaciones no solo lleguen en forma de correos, sino que también se manifiesten en forma de mensajes hacia el teléfono celular.

CAPÍTULO 4. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

4.1. Descripción del modelo físico elegido para construir

Para el proceso de selección del modelo físico a construir inicialmente se tuvieron varias ideas, como construir un modelo con elementos similares a los de una construcción real. Por ejemplo, el uso de mini bloques de arcilla, utilizando una mezcla para unirlos como si fuera concreto, con el fin poder colar columnas y vigas etc. Sin embargo, debido a lo complejo de conseguir estos materiales y los costos del mismo, condujeron a que esta idea se rechazaría.

Otra idea que se planteo fue utilizar una impresora en 3D para poder imprimir los elementos y luego unirlos entre sí, de esta manera era más sencillo unir lo elementos, ya que no era necesario realizar mezcla como la idea anterior. Sin embargo, la idea también se rechazó, debido a que por la situación de la pandemia generada por el COVID 19, existe la incertidumbre sobre el acceso al laboratorio de construcción de la EIC, donde se encuentra la impresora. Por otro lado, los costos y la duración para crear lo elementos, podrían hacer que este proceso se demorase demasiado.

Al final se decidió utilizar un modelo conformado por elementos plásticos armables similares a un "lego", de esta manera se puede implementar un modelo fácil de armar y de bajo costo. Además, debido a que las piezas se unen fácilmente permiten que se puedan inventar objetos que no venían preliminarmente en el modelo. Por ejemplo, paredes, vigas columnas, muebles, entre otros.

Es importante destacar que el modelo de piezas plásticas es muy versátil, pero hay objetos o elementos que no se puede diseñar. Por ejemplo, el terreno o las tuberías. Debido a esto, con el fin de cubrir estas necesidades, se decidió utilizar papel craft y cartón para diseñar elementos como las curvas de nivel, la carretera y los muros de retención. Además, de pajillas para representar el diseño del sistema mecánico.

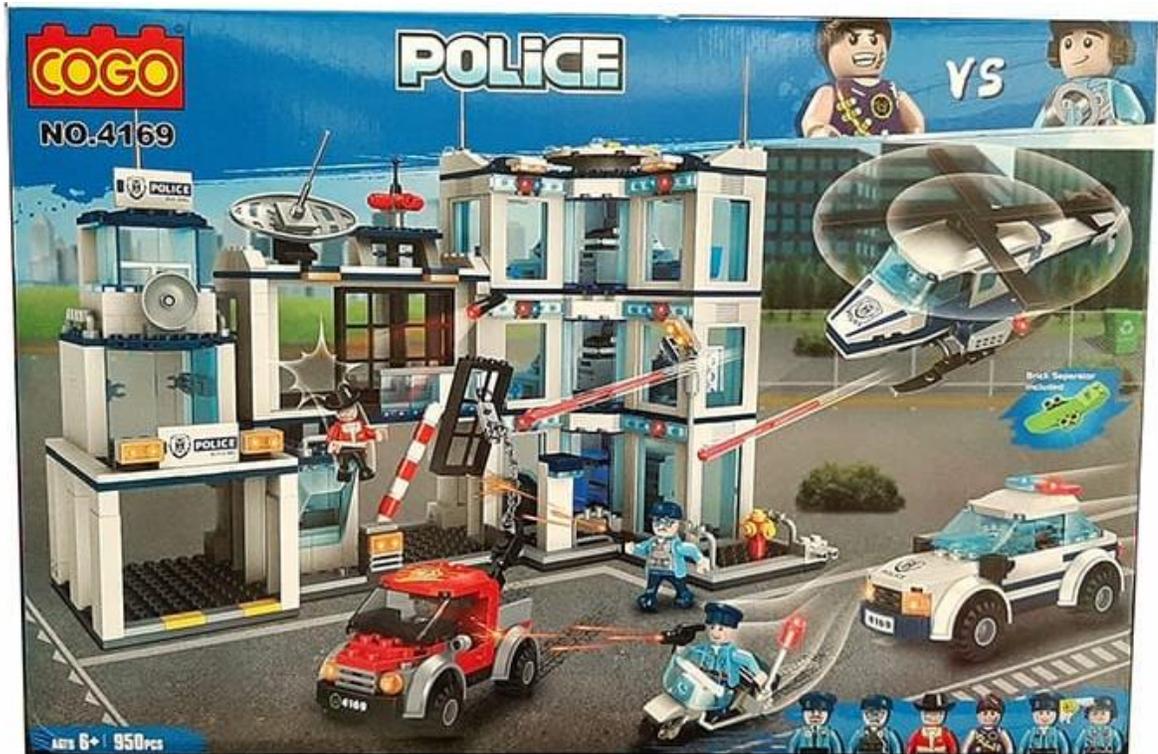


Figura 28: Modelo físico seleccionado

4.2. Plan de ejecución BIM del proyecto

Se puede entender por plan de ejecución BIM como un documento donde se estipula los elementos, las reglas, las bases y las normas internas del proyecto. Esto con el fin de promover una estructura de trabajo y estrategias que tienen como objetivo gestionar el proyecto de forma eficiente.

Así mismo, para realizar el plan de ejecución BIM de este proyecto, se tomó como base la plantilla del BEP creada por el Penn State University (PSU). Sin embargo, el mismo no se siguió de manera estricta, esto debido a que este plan contempla elementos que, para este proyecto en específico, al tratarse de un proyecto con pocos actores y pocos recursos en términos de hardware y software, serían irrelevantes incluirlos.

Para crear el plan, primeramente, se definió el objetivo general para la utilización de la metodología BIM. Este se definió como "Crear un modelo BIM de un prototipo a escala reducida de una estación de policía, con el fin de analizar los flujos de trabajo colaborativo y que este funcione como base para su construcción."

Seguidamente se plantearon algunos objetivos específicos como:

- Levantamiento de las condiciones existentes en el sitio de construcción.
- Analizar los flujos del trabajo colaborativo en el proceso de diseño y construcción del modelo.
- Cuantificar los materiales necesarios para la construcción de la estación.
- Controlar el avance de construcción en base al modelo recreado.

También se definió los usos por lo que se usa la metodología BIM, y los objetivos que se les asocia.

Cuadro 1: Usos y objetivos BIM

Objetivo	Uso BIM
Evaluar las condiciones previas a la construcción en las que se encuentra el terreno.	Levantamiento de las condiciones existentes
Obtener la cantidad de materiales que se ocuparan para construir el modelo diseñado.	Estimación de las cantidades
Definir la ubicación del modelo en el terreno.	Análisis de la ubicación
Definir y visualizar las distintas fases del modelo.	Planificación de fases
Coordinar los distintos modelos en un solo modelo unificador.	Coordinación 3D
Planificar las actividades de proyecto durante su construcción.	Planificación de obra
Diseñar y visualizar sistemas constructivos como las formaletas y los pilotes.	Diseño de sistemas constructivos
Controlar el cronograma de obra y la calidad según el modelo físico con el teórico.	Control de obra
Contar con un modelo actualizado según la finalización de la obra	Modelación "as built"

Una vez que se definieron los objetivos y usos BIM, se establecieron los roles BIM y las personas encargadas de dichos roles.

Cuadro 2: Roles BIM

Rol	Encargado
BIM Manager/ Modelador BIM/ Constructor	Dani Morales
Arquitecto	Erick Mata
Ing. Electromecánico	Allan Rojas
Ing. Estructural	Mauricio Jiménez
Coordinador BIM	Jorge Rodríguez
Coordinador BIM	Juan Carlos Pérez

El paso que se siguió fue realizar el esquema de los entregables que se iban hacer de acuerdo a los usos BIM establecidos anteriormente. De esto se obtuvo el diagrama de flujos ubicado en la página siguiente.

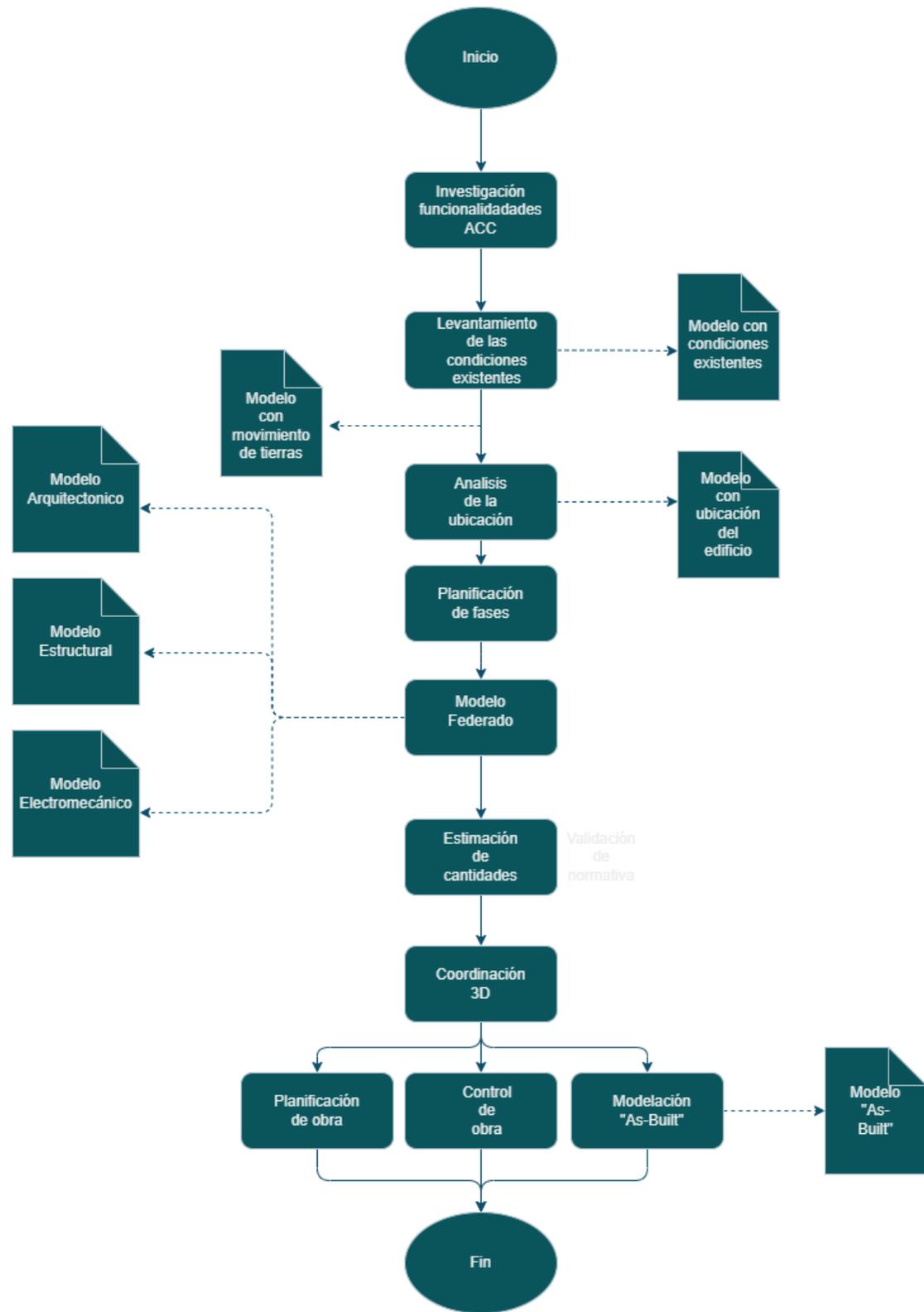


Figura 29: Diagrama de flujos de los entregables

Otras partes que también se incorporan al plan de ejecución BIM es la información de cada integrante del proyecto como: la empresa donde labora, el correo personal y la función en concreto que realiza. Esto se puede observar en el Apéndice A, donde se muestra la información de los integrantes de manera completa.

Seguidamente, se incluye el proceso de reuniones del proyecto, donde se define el tipo de reunión, la fase del proyecto y la fase del proyecto a la que pertenece. Por último, se describe el control de calidad, el cual se aplicó al proyecto con el fin mantener los estándares de calidad lo mejor posible. Esto se puede observar en el Apéndice A, donde se encuentra el plan de ejecución BIM completo.

Es importante destacar que el plan de ejecución BIM se utilizó para definir los usos BIM que se le daría a la metodología BIM aplicada en el proyecto, ya que el usar la metodología BIM sin tener claro su uso puede crear ambigüedad. Por otra parte, fue importante para definir los roles y las funciones que tendría cada integrante del proyecto.

4.3. Estructura de desglose del trabajo

Recapitulando el concepto de EDT, según el PMBOK (2018) la estructura de desglose del trabajo o EDT, es una descomposición jerárquica del alcance del trabajo, con el fin de cumplir los objetivos del proyecto y crear los objetivos necesarios.

Para formar la estructura de desglose de trabajo hay varios sistemas de clasificación que se pueden usar, como: Uniformat, Marterformat, Omniclass, uniclass etc.

Sin embargo, para este proyecto se decidió utilizar el sistema uniformat principalmente. Esto debido a su ordenamiento por niveles y categorías, como se muestra en la siguiente Figura.

A	SUB ESTRUCTURA	Level 1
A10	Fundaciones	Level 2
A1010	Fundaciones Estándar	Level 3
A1010.10	Fundación de muros	Level 4
A1010.10.CF	Fundación Corrida	Level 5

Figura 30: Clasificación Uniformat

Fuente: www.buildbim.cl, modificado por (Morales, 2021)

Una vez que se definió el sistema de clasificación, se procedió a analizar el modelo y asignarles un código para poder formar la estructura de trabajo, como se muestra en las Figuras siguientes:

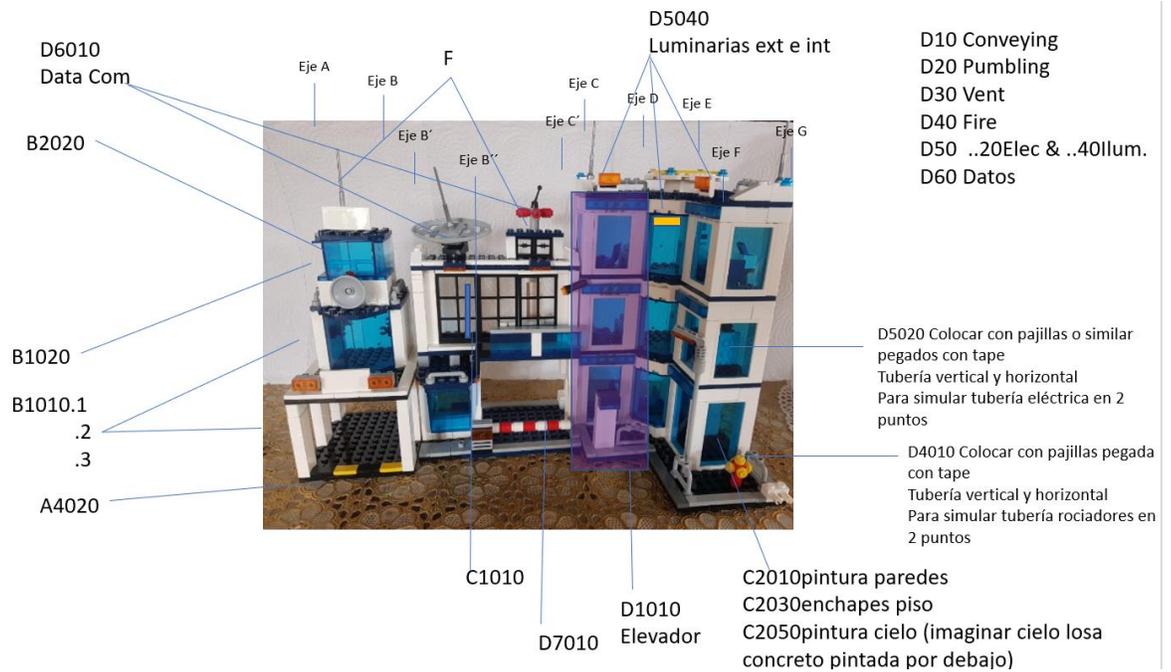


Figura 31: Códigos unformat del modelo (Fachada)

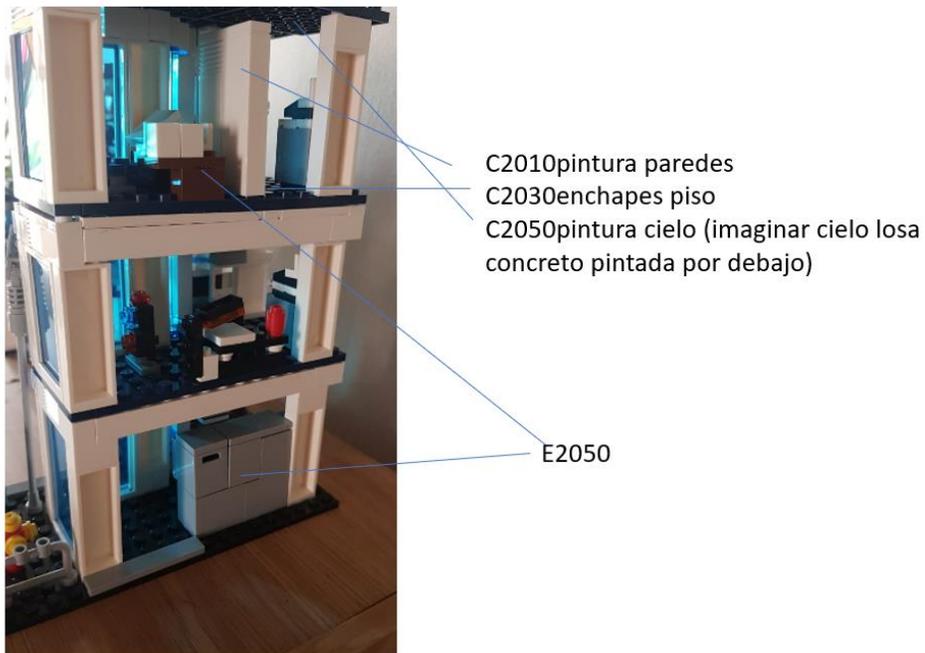


Figura 32: Códigos uniformat del modelo (interior)

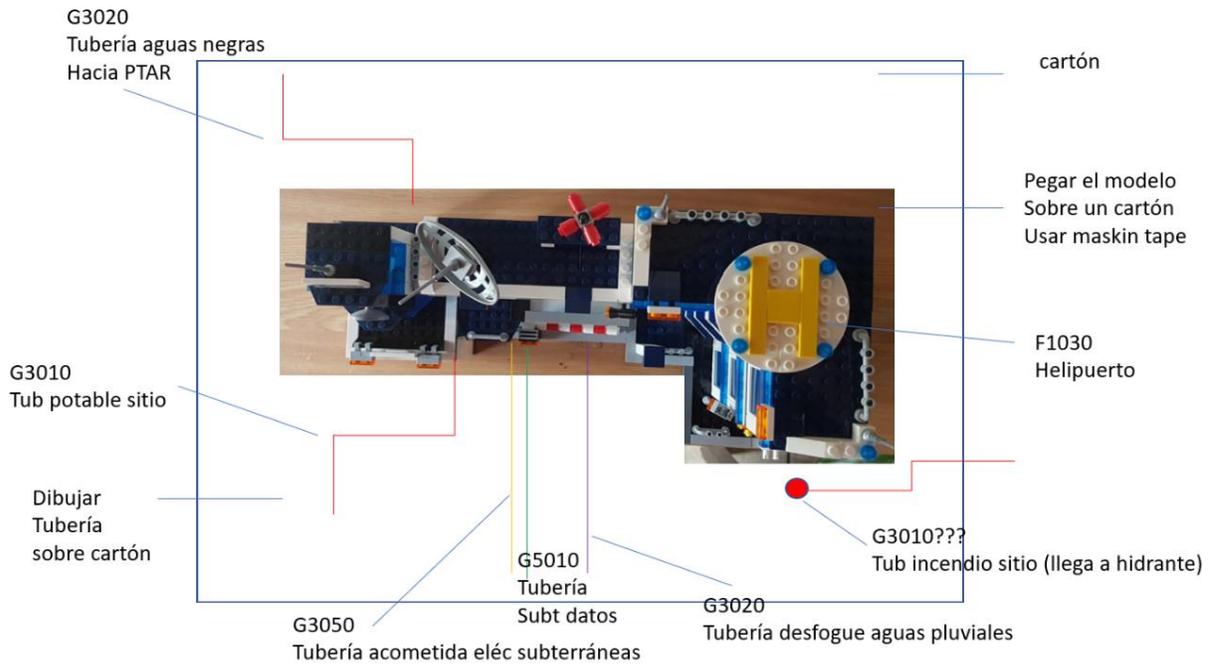


Figura 33: Códigos uniformat del modelo (parte superior y sitio de obra)

A raíz de la Figura 31, Figura 32, Figura 33 y el software de Excel, se creó el EDT del proyecto. Un ejemplo del mismo se muestra en la Figura 34

Código Uniformat	Actividad	Nivel	Descripción	Material (Ficticio)
A				
SubEstructura				
A1020	Pilotes	N0 + 0,0 cm	Nivel de suelo	Concreto 280
A4020	Losas de Fundación	N0 + 0,0 cm	Nivel de calle	Concreto 280
B				
Shell				
B1010.1	Muros y Columnas	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 210
B1010.1	Muros y Columnas	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 210
B1010.1	Muros y Columnas	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 210
B1020	Losas de techo, Sistema Estructural Portante	N0+13,6 cm	Primera Losa Techo	Concreto 210
B1020	Losas de techo, Sistema Estructural Portante	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Concreto 210
B1020	Losas de techo, Sistema Estructural Portante	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Concreto 210
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Mampostería
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Mampostería
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Mampostería
B2090	Muros exteriores especiales (Muro de retención)			Mampostería

Figura 34: Ejemplo del EDT del proyecto

De igual manera, el EDT que se creó se compone del código uniformat asociado a cada elemento del edificio, así como del nivel al que corresponde la ubicación del elemento con su descripción y el tipo de material del elemento. Esto se puede apreciar en el Apéndice B, donde se encuentra el EDT completo.

Para este proyecto el EDT contribuyó de gran manera, esto debido a que facilitó determinar el alcance del proyecto, así como la creación del cronograma de actividades. Además, gracias al EDT, es más fácil dividir el proyecto en paquetes de trabajo, lo que facilita la división del trabajo y la asignación de roles de acuerdo a la metodología BIM.

CAPÍTULO 5. ETAPA DE DISEÑO

Para este capítulo, es importante recordar la red de actores y sus funciones (Ver Cuadro 2), ya que es un punto primordial para entender los flujos de trabajo que se presentan a continuación.

Una vez establecida la red de actores, se siguió con el proceso de modelado. Para ello el modelo total se dividió en modelos independientes según la disciplina (arquitectónico, estructural, mecánico y eléctrico). Además, del modelado de las condiciones existentes.

Primeramente, se fabricó una plantilla en AutoCAD, con el fin de que funcione de soporte para iniciar el modelado en 3D. Así mismo, estas plantillas están hechas con cuadrados de 8mm x 8mm, al igual que lo elementos del modelo que están constituidos por elementos en grupos de 8mm x 8mm.

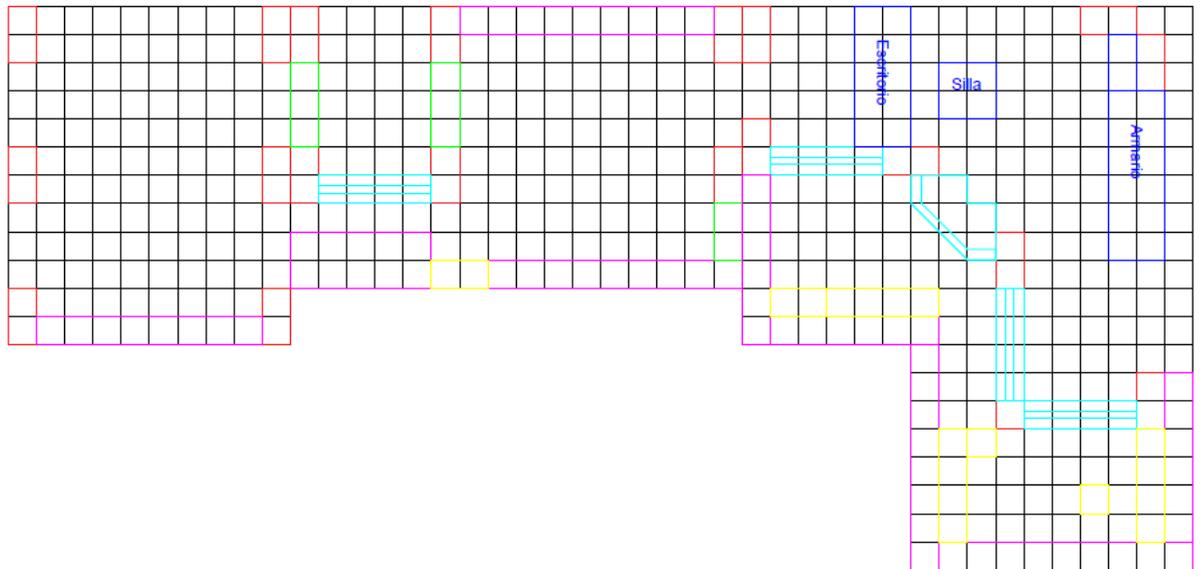


Figura 35: Plantilla para la base de edificio

Es importante destacar el sistema de colores que se muestra en la Figura 35. El cual fue utilizado para identificar los siguientes elementos:

- Rojo para las columnas
- Azul para los muebles
- Verde para los muros
- Celeste para la ventanearía
- Rosa para los elementos divisorios tipo losas
- Amarillo para el resto de elementos que no encajan en las categorías anteriores

Seguidamente, se modelaron las condiciones existentes del terreno donde se iba a cimentar la estación de policía (Figura 36). Luego se modeló el resultante de la demolición y el movimiento de tierras (Figura 37).

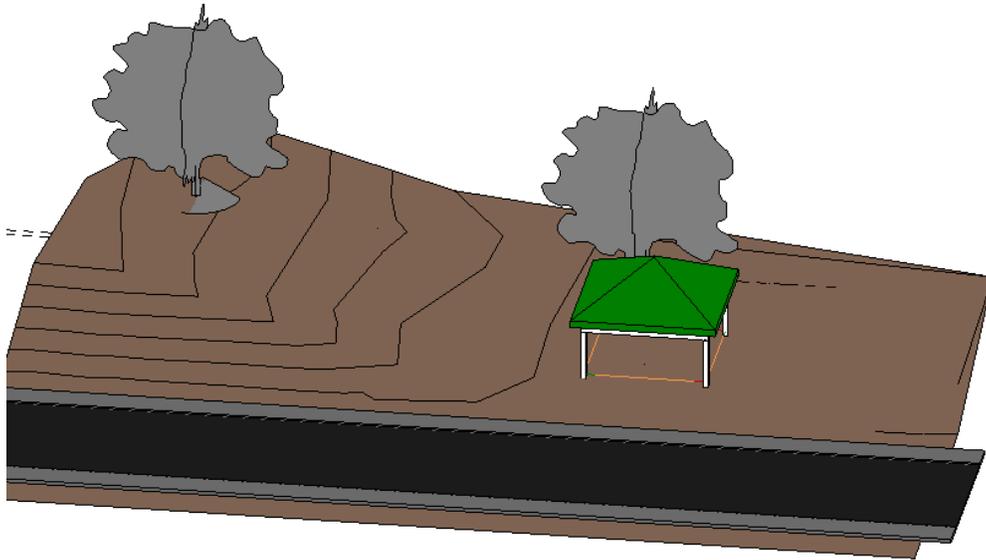


Figura 36: Modelo de las condiciones existentes

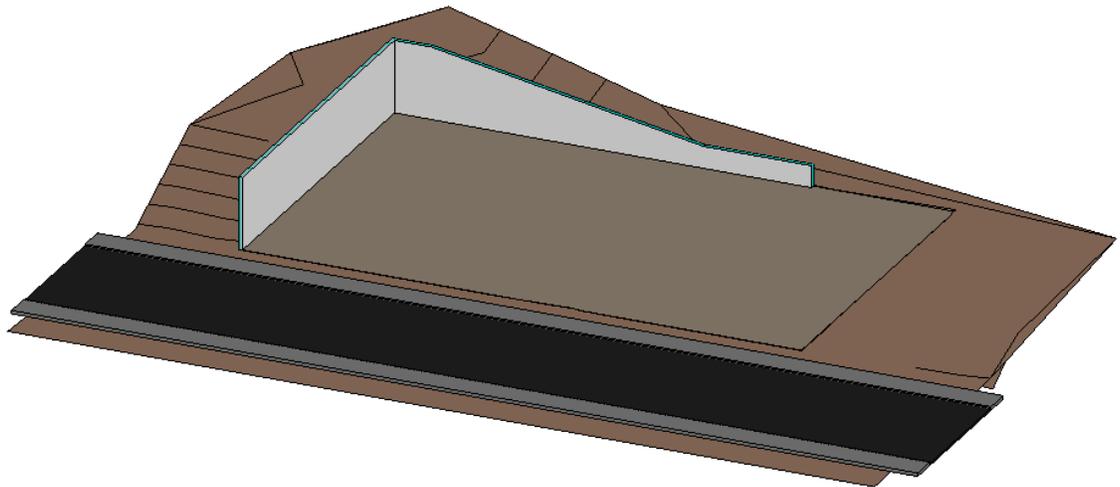


Figura 37: Modelo después de realizar el movimiento de tierra

Una vez concluido las plantillas para cada nivel del edificio, se procedió a crear los niveles y cargar cada plantilla según su nivel correspondiente en el software para el modelo 3D. Para este caso se utilizó Revit 2020.

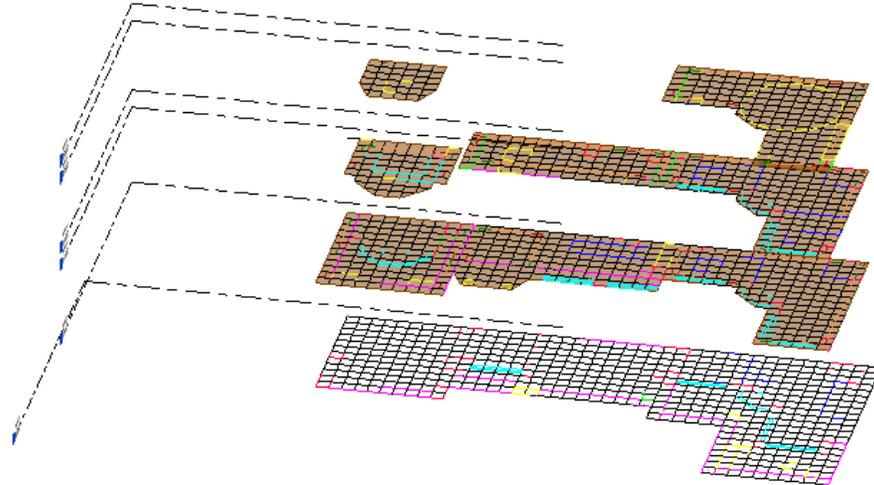


Figura 38: Plantillas cargadas en Revit 2020

Tras haber cargado las plantillas, se inició con el proceso de modelado para las distintas disciplinas. Una vez iniciado el modelo, se subió el archivo a la plataforma del Autodesk Construction Cloud. De igual manera, es importante mencionar que este proceso solo se realiza una vez por cada modelo, luego solo se realizan actualizaciones. Para subir el archivo se selecciona Collaborate en la barra de herramientas del Revit y luego el ítem de Collaborate.



Figura 39: Herramienta para colaborar

Seguidamente aparece un cuadro donde se debe seleccionar la vía para el proceso de colaboración (ver Figura 40). En este caso se debe seleccionar la opción de "In BIM 360 Document Management" de esta manera el archivo se compartirá en la nube de Docs Autodesk.

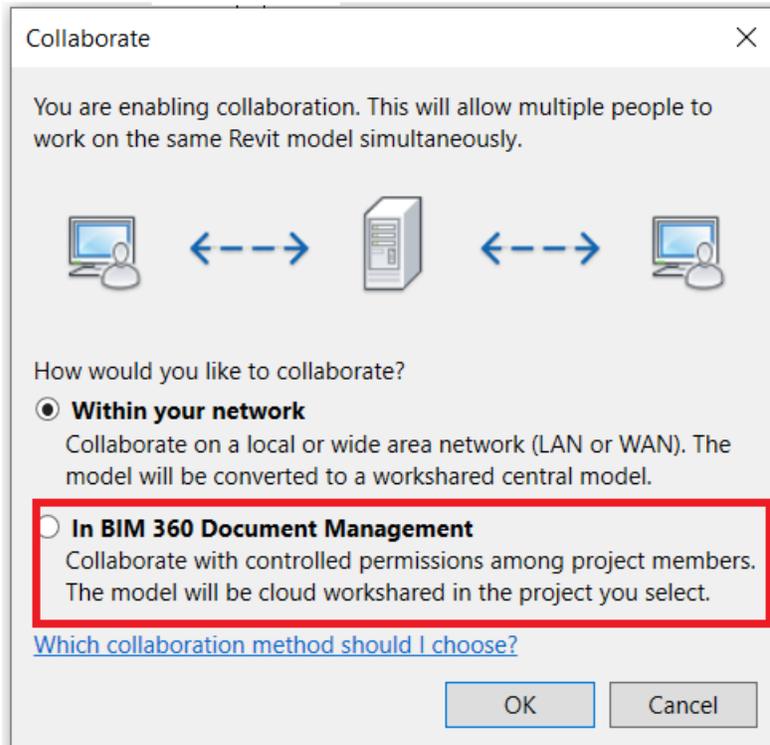


Figura 40: Medios para la colaboración

Luego se debe escoger la carpeta donde se quiera guardar el archivo. Es importante destacar que esta carpeta tiene que estar previamente creada en Docs como se muestra en la Figura 11. En este caso se guardó en la carpeta de diseño, perteneciente al TFG Est. Policía (Figura 41)

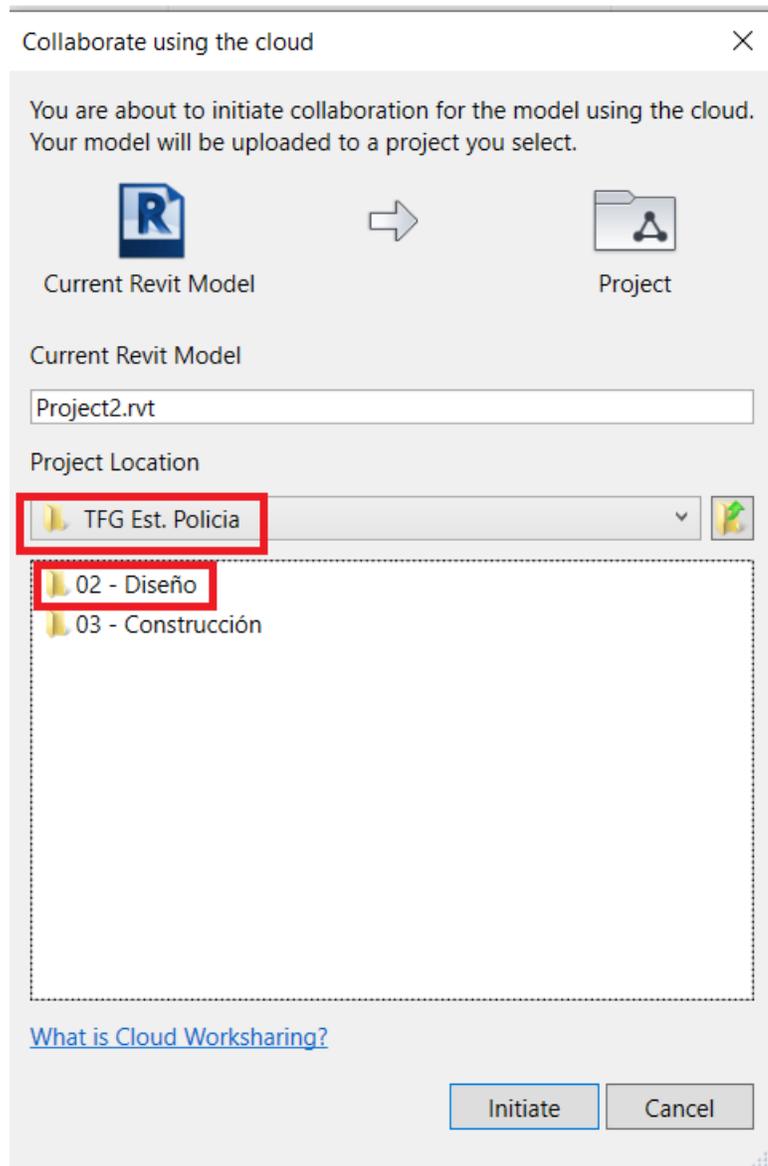


Figura 41: Guardado del archivo en Docs

Es importante mencionar que medida que conforme se va modelando, también se va interactuando mediante los flujos de trabajo colaborativo con los demás miembros del proyecto de acuerdo a su función. Así mismo, unas de las primeras interacciones que se realizaron, se elaboraron mediante la herramienta revisiones. Por ejemplo, cuando fue necesario aprobar el movimiento de tierras, se generó una revisión para que el arquitecto la aprobará. Para crear dicha revisión se siguió el siguiente proceso.

Primeramente, se debe configurar el flujo de aprobaciones. Para ello hay que ingresar a configuración en la parte superior derecha del menú de revisiones, como en la Figura 12, luego se selecciona “crear flujo de trabajo de aprobación” (Ver Figura 42).

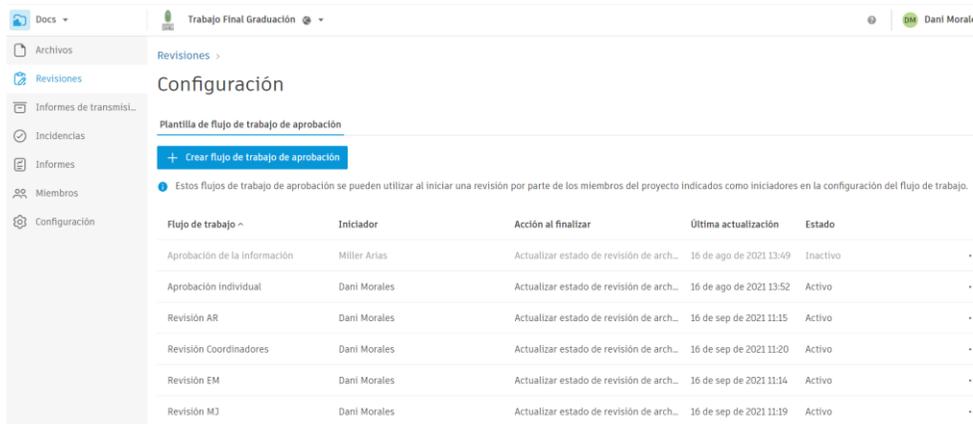


Figura 42: flujo de trabajo de aprobaciones

Seguidamente se escogió el tipo de paso que se requiere para la aprobación (Figura 43). Es decir, la aprobación a un paso consiste en que el iniciador crea la revisión, y solo lo revisa una persona establecida. En el caso de aprobación en dos pasos la revisión la crea el iniciador, esta es enviada a un primer revisor (primer paso) y este determina si quiere aprobarla o rechazarla. En caso de que se apruebe se pasa al segundo revisor (segundo paso), pero si el primer revisor la rechaza, la revisión se devuelve al iniciador. Además, con las demás aprobaciones se sigue el mismo proceso, solo se va incrementando el número de revisiones por las que pasa la revisión.

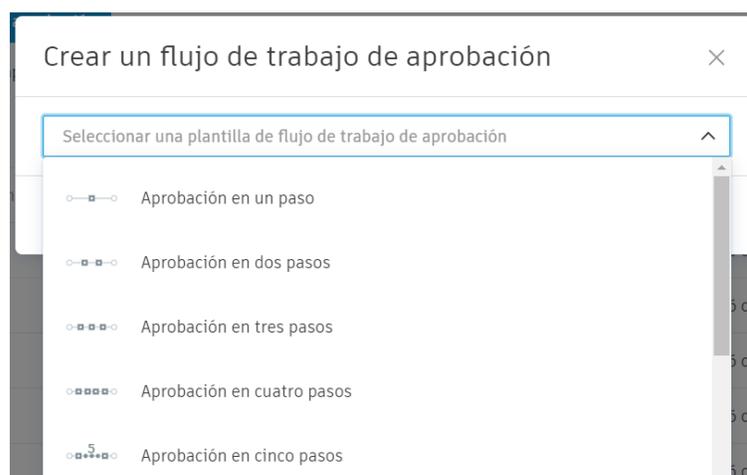


Figura 43: Escogencia de las aprobaciones

Lo siguiente es completar la información necesaria del flujo de aprobación que se está creando, como se muestra en la Figura 44. Es importante destacar que el flujo de aprobaciones se tiene que hacer para cada miembro al cual se le requiera solicitar la revisión de algún archivo.

Información general

Nombre *

Descripción

Pasos

Revisión final

Iniciador *

Seleccione un usuario, una función o una empresa

Nombre de paso	Aprobador *	Tiempo permitido *
Revisión final ✓	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;"> Seleccione un usuario, una función o una empresa </div>	<div style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px;"> 3 <small>Día(s) natural(es)</small> </div>

Estado de revisión de archivos	Valor *	Etiqueta de estado de revisión *	Icono *
Aprobado	<input style="width: 100%;" type="text" value="Aprobado"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="Aprobado"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="button" value="✓"/>
Rechazado	<input style="width: 100%;" type="text" value="Rechazado"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="Rechazado"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="button" value="✗"/>
	<input style="width: 100%;" type="text" value="Aprobado"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="Aprobado con comentarios"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="button" value="✓"/>

[Añadir estado](#)

Acción al finalizar

Acción al finalizar cuando:

Copiar también los archivos aprobados en:

Permitir que el iniciador cambie la ubicación de copia

Nota personalizada

Puede añadir una nota personalizada o un descargo que estarán visibles para todos los revisores en la página Detalles de la revisión.

Figura 44: Ejemplo de aprobación a un paso

Una vez creado el flujo de trabajo de aprobación, se debe seleccionar la opción de “crear revisión” en la herramienta de revisiones del apartado de Docs (Figura 12). Luego aparece un menú para seleccionar el modelo al cual se le requiera asignar la revisión. Una vez escogido el modelo se debe completar el menú que aparece en pantalla (Figura 45), y con eso la revisión estaría finalizada.

Enviar para revisión ×

Flujo de trabajo de aprobación *

Seleccione un flujo de trabajo de aprobación ▼

Nombre de la revisión *

Archivos para revisión * Añadir archivos

Total 1 archivo

 Project Files/TFG Est. Policia/... 1 archivo ^

 Arquitectonico.rvt ✕
V26

Notas ▼

Cancelar Enviar

Figura 45: Ejemplo de revisión al modelo arquitectónico

Tras haber creado y enviado la revisión, en el panel principal se muestra la revisión creada. La revisión en el panel muestra cosas importantes a mencionar, de acuerdo con la Figura 46.

- Estado: Indica como lo dice la palabra el estado de la revisión. Este puede estar abierto o cerrado.
- Flujo de trabajo: Muestra el nombre del flujo de aprobaciones creado.
- Iniciado por: Muestra quien inició la revisión.
- Siguiete acción: Indica hacia quien está dirigida la siguiete acción. Dado el caso de haber varios revisores, este ítem ira cambiando constantemente según este asignada la revisión en ese momento.



Figura 46: Ejemplo de una revisión abierta

Por otra parte, al miembro del proyecto al cual se le asigna la revisión, se le notificará vía correo electrónico. Además, al momento de abrir la revisión asignada debe seleccionar iniciar la revisión para proceder, como se muestra en la Figura 47.

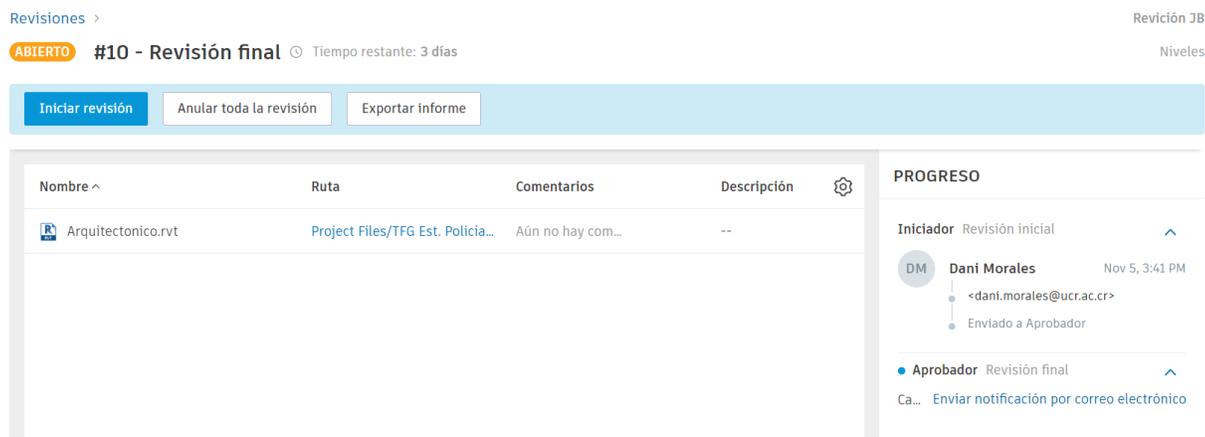


Figura 47: Ejemplo del visor para el miembro con la revisión asignada

Una vez iniciada la revisión, el revisor deberá de escoger: si aprueba, si aprueba con comentario o rechaza la revisión (Figura 48). Se destaca que indiferentemente de la elección que se elija se le notificará al iniciador. Dado el caso en el que se rechace la revisión, el iniciador puede devolver la revisión argumentando porque debe ser aprobada, o realizar los cambio para que se apruebe. Por otro lado, si el revisor quiere aprobar la revisión puede hacerlo implementando un comentario o no. Sin embargo, es importante mencionar que se debe marcar la opción de aprobado con comentario, ya que, de no ser así, aunque se haya escrito algo el revisor no tendrá notificación de este hecho.

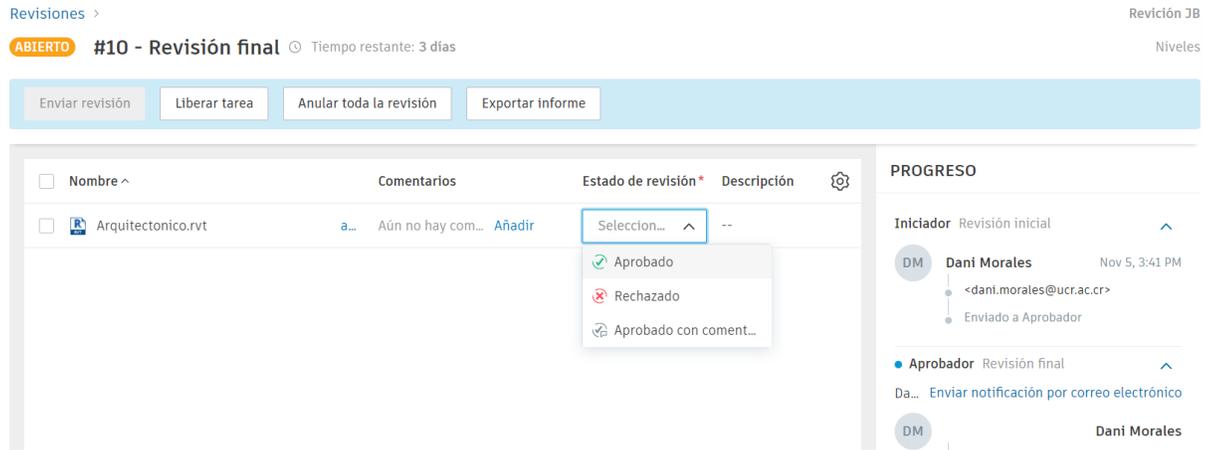


Figura 48: Ejemplo de estados de revisión

Es importante destacar que mientras se va avanzando en el diseño, los avances no se muestran en tiempo real en la plataforma de Autodesk Construction Cloud. Es por eso que para ver lo avances es necesario ir actualizando el modelo almacenado en la plataforma, queda a criterio del modelador cada cuando quiere ir subiendo los avances. Para realizar el proceso de actualización se sigue el siguiente proceso:

Primeramente, en la barra de herramientas de Revit hay que seleccionar la opción de sincronizar, la cual se ubica en la parte superior izquierda (Figura 49)

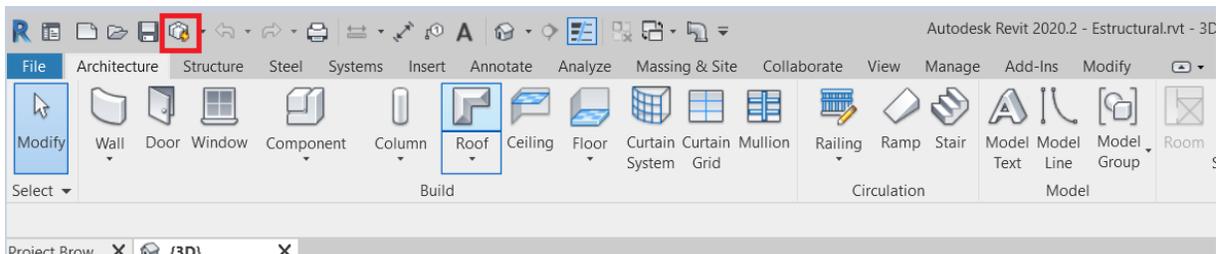


Figura 49: Opción para sincronizar

Luego de eso el modelo ya quedará actualizado con el modelo central de la nube. Sin embargo, todavía no se muestran los cambios en la plataforma, ya que hay que subir esta actualización. Para ello en la misma barra de herramientas hay que ir a la pestaña de Collaborate y pulsa en "Manage Cloud Models" (Ver Figura 50).

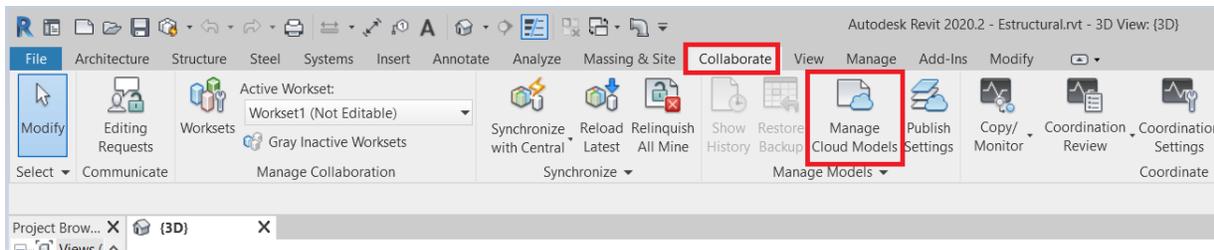


Figura 50: Actualizar el modelo en la plataforma

Seguidamente se escoge la carpeta del proyecto y se selecciona el icono para publicar. Es importante tener claro cuál es el modelo con el que se está trabajando y el que se quiere publicar, ya que aparecen todos los modelos almacenados en la nube. En la Figura 51 se muestra un ejemplo de una actualización del modelo estructural. Con esto ya quedaría publicada la actualización en la plataforma.

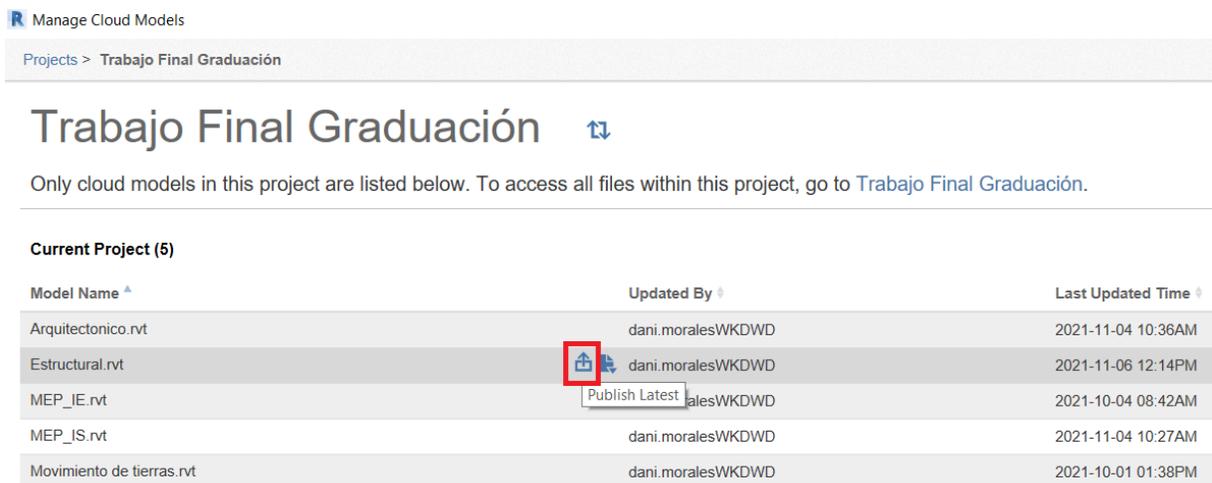


Figura 51: Ejemplo de publicación modelo estructural

Siguiendo con los flujos del trabajo colaborativo, en esta etapa también se interactuó con algunos miembros del proyecto mediante la creación de incidencia, con el fin de detectar conflictos entre modelos. El encargado de detectar estas incidencias es el coordinador BIM. Este debe notificar a los modeladores para que realicen la corrección.

En definitiva, para ver si hay conflictos entre modelos hay que dirigirse a la herramienta de conflictos en Model Coordination, y escoger una intersección de la matriz mostrada (Ver

Figura 21), con esto se muestran un visor con los modelos aceptados por el conflicto, y el elemento marcado de color rojo para saber cuál elemento está generando el conflicto. Por ejemplo, en la Figura 52 se muestra un conflicto entre una pared del modelo arquitectónico y la losa del modelo estructural.

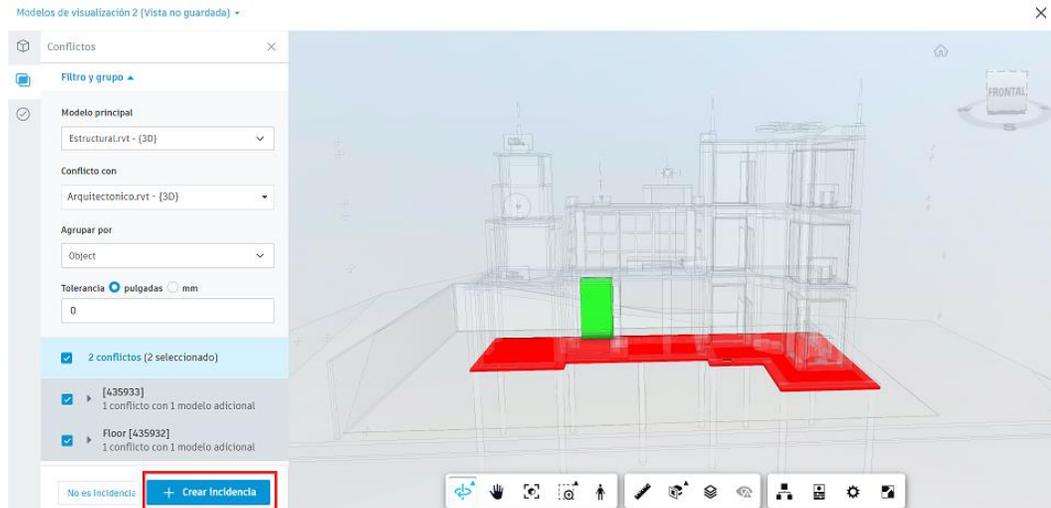


Figura 52: Conflicto entre una pared arquitectónica y la losa estructural

Una vez identificado el conflicto, para generar la incidencia, hay que crearla en la parte inferior izquierda como se muestra en la Figura 52 y completar la información necesaria como lo muestra la Figura 53.

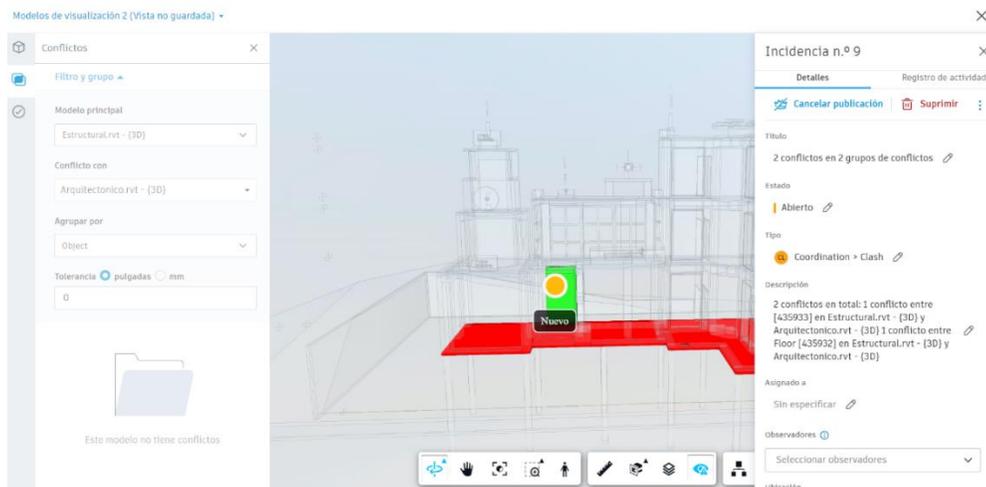


Figura 53: Creación de la incidencia

Luego de haber detectado y corregido los conflictos, se repite el mismo procedimiento mencionado anteriormente. Los modelos nuevamente deben de actualizarse y revisarse hasta que los mismos no tengan conflictos o se generen conflictos dentro del margen de error permitido.

En resumen, de este proceso surgieron los siguientes modelos:

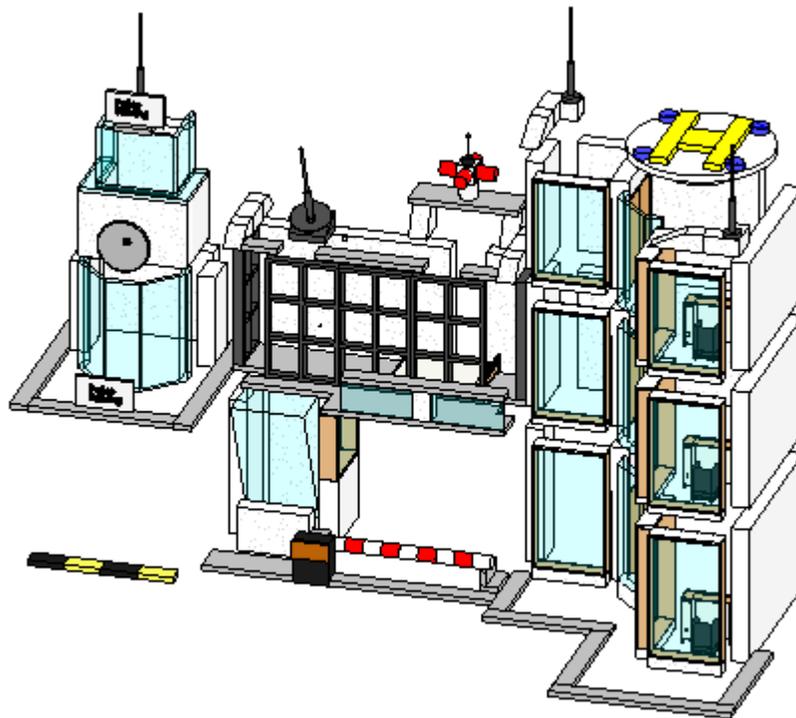


Figura 54: Modelo arquitectónico

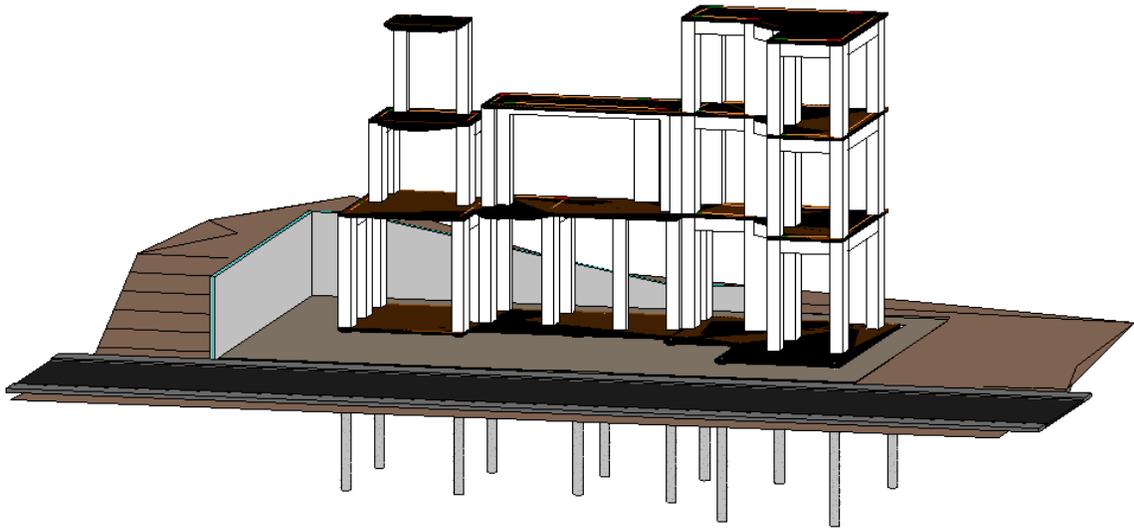


Figura 55: Modelo estructural

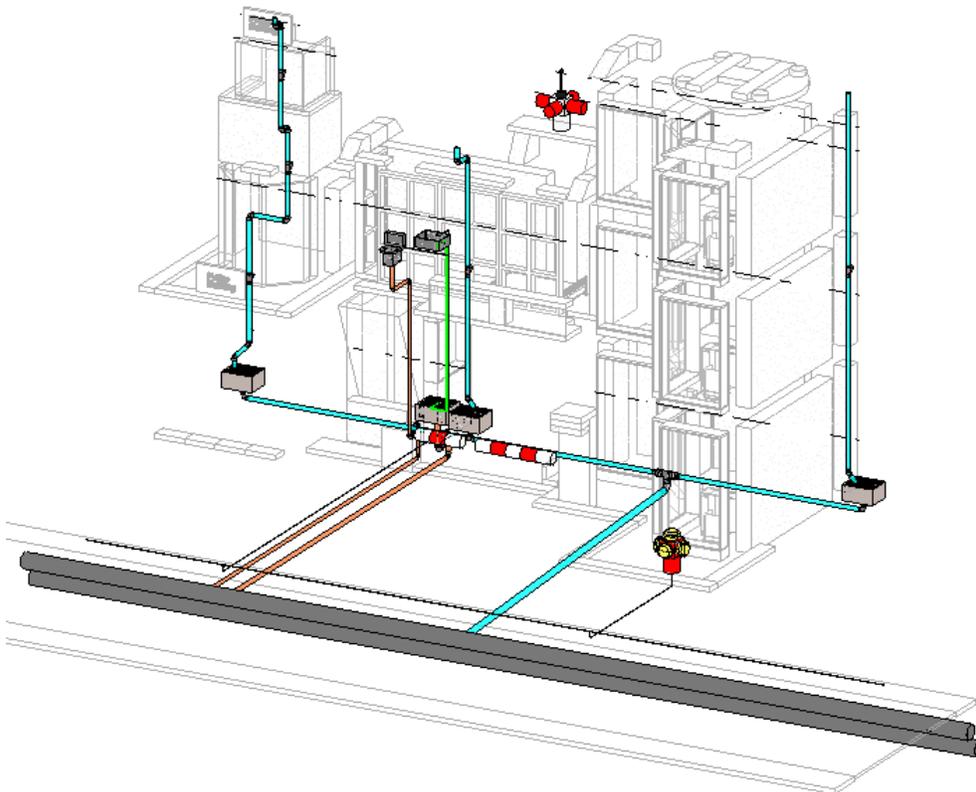


Figura 56: Modelo Mecánico

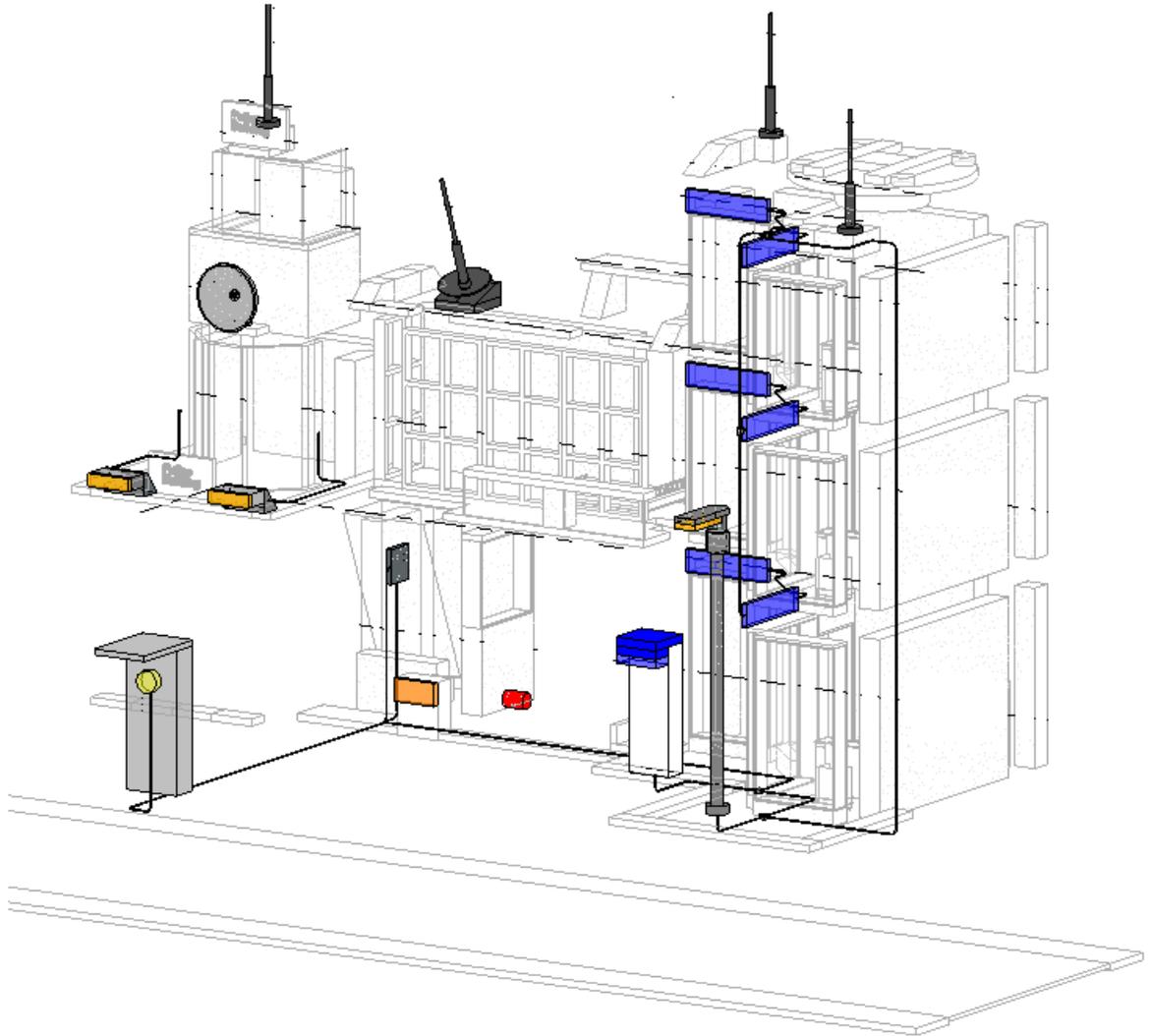


Figura 57: Modelo eléctrico

Finalmente, cuando se esté conforme con los modelos, se puede decir que el diseño se ha concluido. Sin embargo, antes de pasar a la etapa de construcción, se debe realizar el proceso de cuantificación de los materiales.

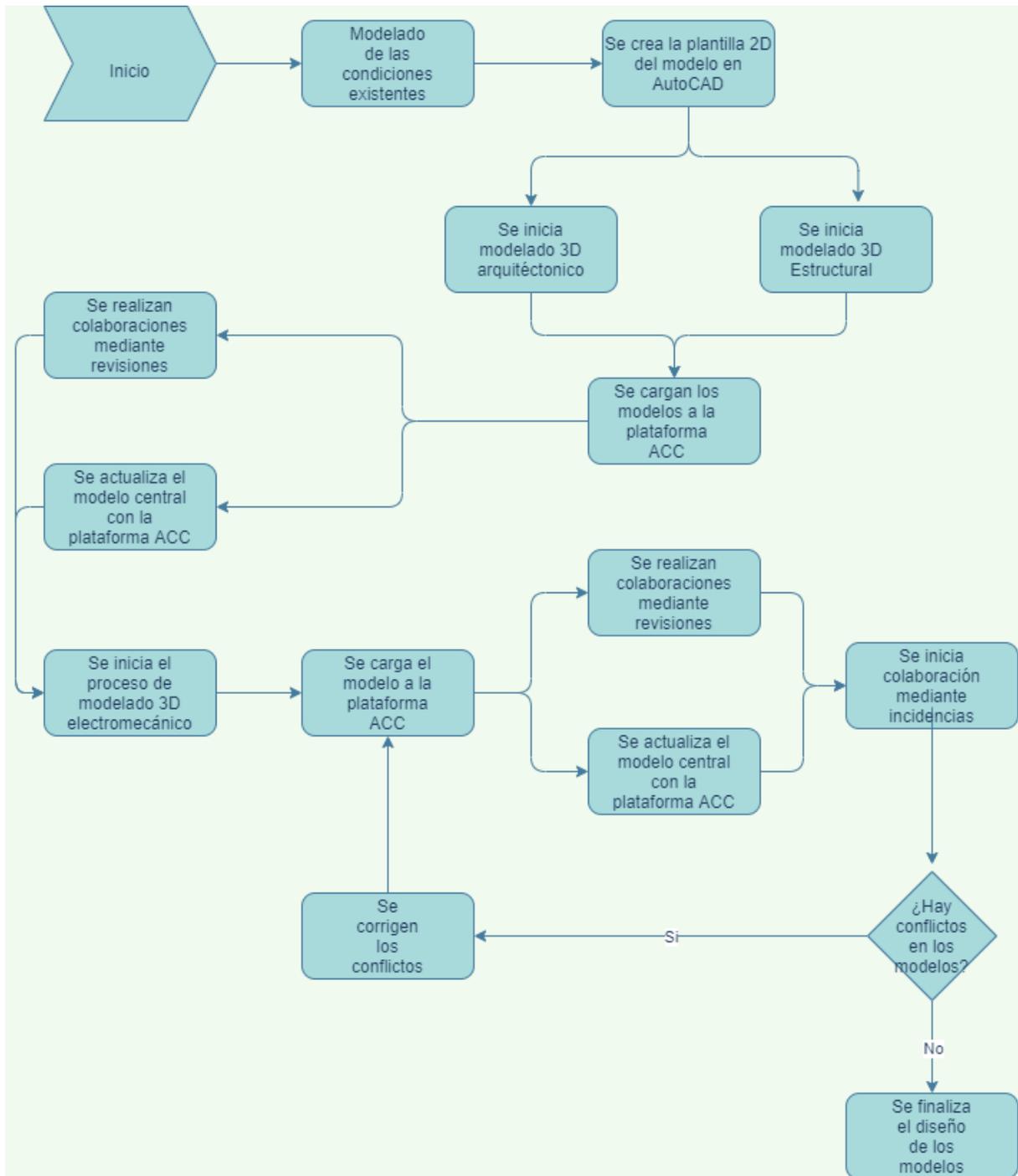


Figura 58: Diagrama de la fase de diseño

Para realizar el proceso de cuantificación, se utiliza la herramienta de "Take Off" del Autodesk Construction Cloud. Además, se sigue el siguiente proceso.

Inicialmente, en el menú de inicio del "Take Off" se selecciona el icono para definir el sistema de clasificación (Ver Figura 59). Se destaca que este sistema puede ser uno predeterminado por la plataforma o en su defecto descargar la plantilla y crearse uno basado en el EDT del proyecto.



Figura 59: Sistema de clasificación y medida del proyecto

Una vez configurado el sistema de clasificación se procede a cargar los modelos para la cuantificación. Seguidamente se crean los paquetes de medición. Para realizar esto, se selecciona la opción de "crear paquete" en el ítem de paquetes del Take Off (Figura 60).

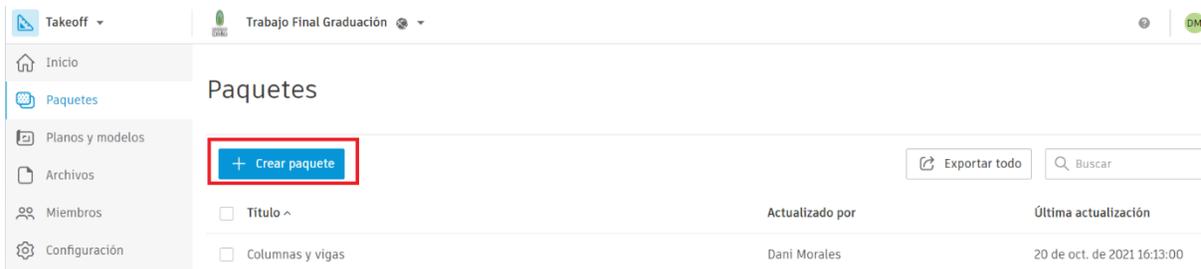


Figura 60: Creación de paquetes

A continuación, se le coloca el título según la medición que se quiera realizar, en este caso se muestra un ejemplo para la medición de las losas de entrepiso. Posteriormente, se selecciona el modelo donde se aloja la medición (Figura 61) y se selecciona los tipos de medición (Figura 62).

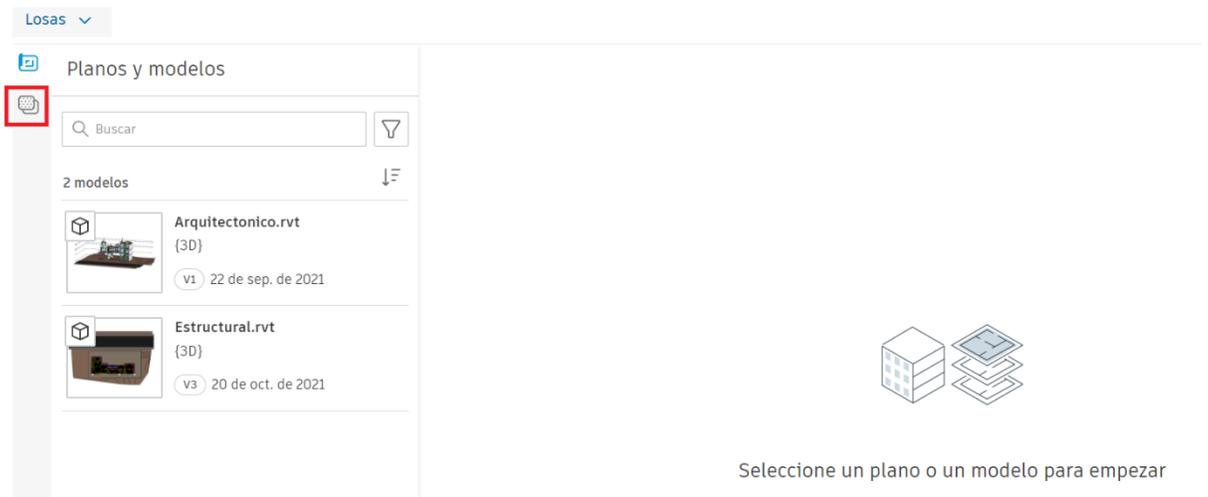


Figura 61: Selección del modelo para la cuantificación



Figura 62: Creación de la medición

Seguidamente se completa el menú para la medición (Figura 63), seleccionando el nombre, escogiendo la herramienta de medición, escogiendo el sistema de clasificación y la salida de mediación. En este caso eran losas de entrepiso, la herramienta es el modelo estructural, el sistema de clasificación es el creado a partir del EDT del proyecto y la salida es la unidad de área m².

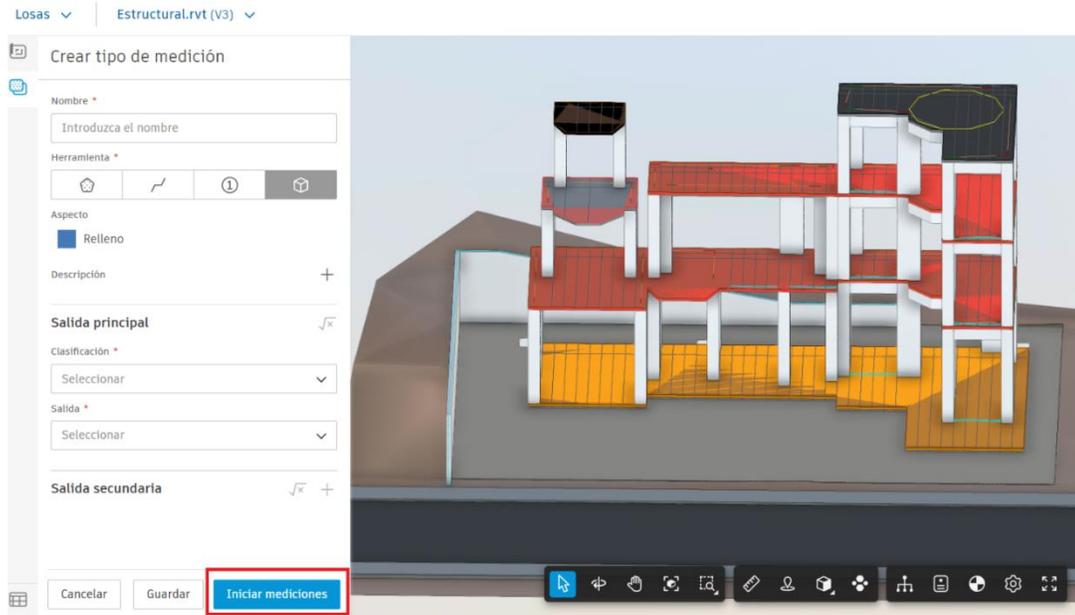


Figura 63: Método de medición

Una vez completado el menú de opciones, se selecciona los elementos que se quieren cuantificar y listo, ya se tendría la cuantificación completada (Ver Figura 64).

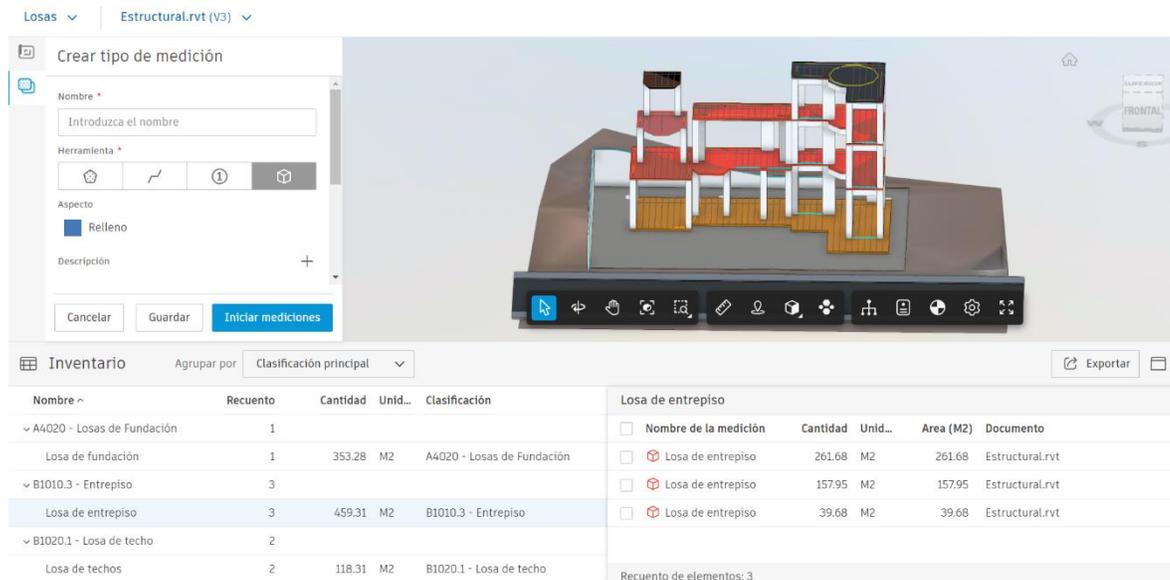


Figura 64: Resultado de la cuantificación

Es importante mencionar, que este proceso se tiene que realizar a cada grupo de elementos que se quiera cuantificar. En otras palabras, se realiza lo mismo para los muros, las vigas, las columnas etc. Se puede ver la tabla de cuantificación completa en Apéndice C

CAPÍTULO 6. ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Para esta etapa primeramente se inició realizando el cronograma de actividades para la estación de policía. Este proceso se realizó con el fin de estimar la duración de la construcción y para comparar el avance real de la obra. Por otro lado, la plataforma de Autodesk Construction Cloud cuenta con una herramienta para llevar el control del cronograma, sin embargo, es importante mencionar que no se puede crear el cronograma desde la plataforma, sino que se tiene que cargar uno realizado con un software externo.

A continuación, se creó un cronograma con la herramienta de Microsoft Project. (Ver cronograma completo en el Apéndice D) y se cargó en la plataforma. Para realizar esta acción, solo hay que dirigirse al ítem de planificación en la herramienta de Build y arrastrar el archivo (Ver Figura 26).

Una vez cargado el cronograma, se inició la construcción en sí del modelo físico. Se comenzó construyendo el sitio de obra y los muros de retención con cartón y papel craft. Finalmente se obtuvo el modelo de la Figura 65.

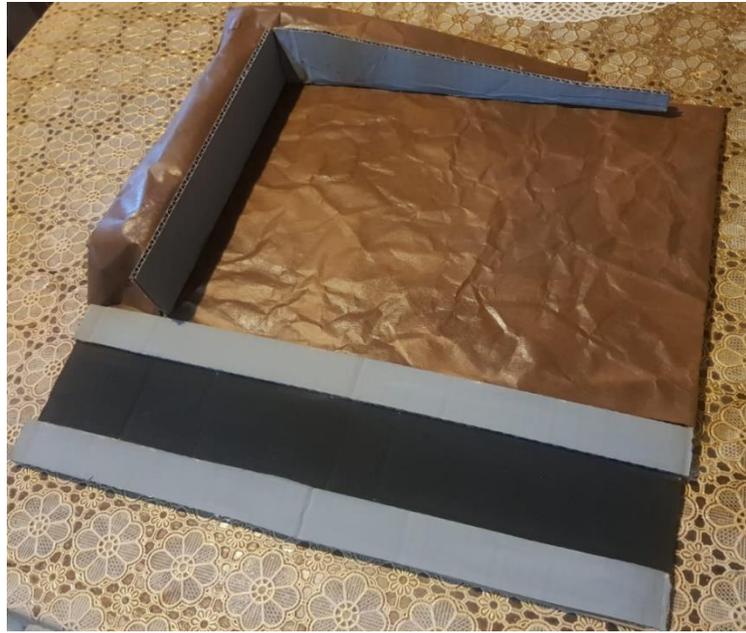


Figura 65: Maqueta del sitio de obra

Posteriormente, se fue construyendo la estación de policía siguiendo el cronograma de actividades (para ver todas las Figuras relacionadas al proceso constructivo ver el Apéndice E). A medida que se fue construyendo el modelo físico, también se hicieron interacciones colaborativas con los demás miembros del proyecto mediante las herramientas de SDI y presentaciones. Este proceso se realizó hasta concluir con la construcción de la estación de policía.

Es importante comentar cómo funcionan algunas de las herramientas utilizadas durante la etapa de construcción como: presentaciones y SDI.

La herramienta de presentaciones funciona para presentar información. Principalmente esta herramienta se utilizó para presentar información sobre el avance de la obra. Por otro lado, para crear una presentación hay que dirigirse al ítem de presentaciones de la herramienta Build y crear las secciones específicas (Figura 66). Estas secciones sirven para definir las disciplinas como ejemplo, arquitectónico, estructural, mecánico etc.

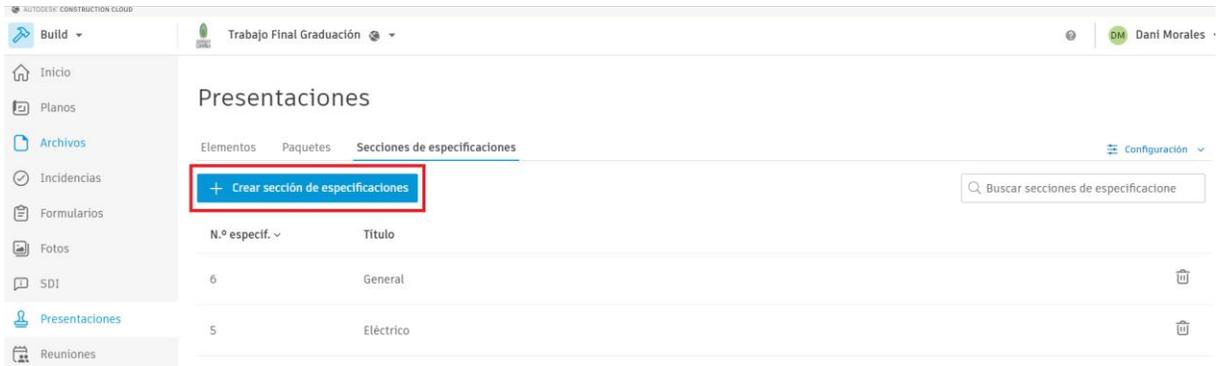


Figura 66: Secciones específicas para presentaciones

Luego de definidas las secciones de especificaciones, se crean los paquetes (Figura 67). Estos funcionan para distinguir el tipo de presentación. Por ejemplo, con ello se puede diferenciar las presentaciones en documentos o aprobaciones, haciendo que se cuente con un mayor orden. Además, sirven como filtro para visualizar las presentaciones.

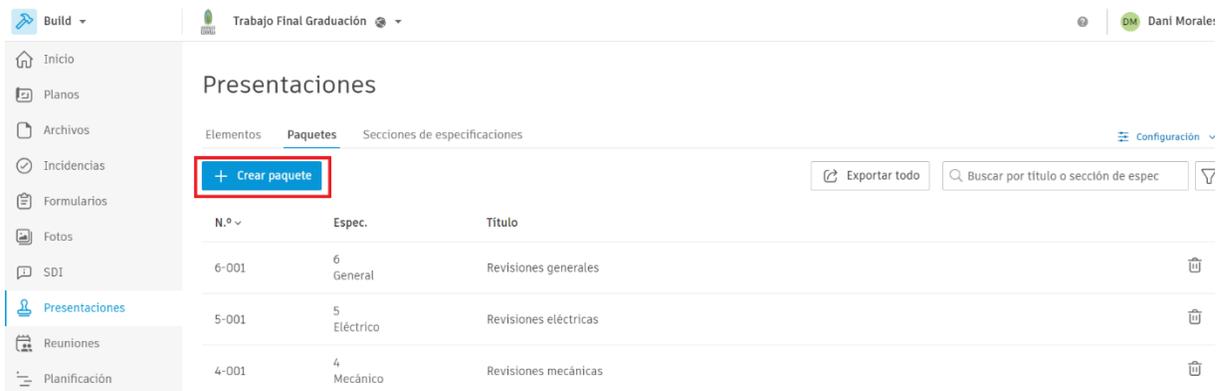


Figura 67: Paquetes para presentaciones

Una vez creadas las especificaciones de secciones y los paquetes, se puede crear las presentaciones en crear "elemento" en el ítem de presentaciones (Ver Figura 68). Finalmente se completa el menú que aparece en pantalla (Figura 69). Algo importante de esta herramienta es que se puede presentar todo tipo de información y no solo modelos, como la herramienta de revisiones presentada en la etapa de diseño.

Estado	N.º	Espec.	Rev.	Título	Tipo	Prioridad	Paquete	Destinatario
Cerrado	23	6 General	0	Avance de obra: Finalizado...	Documentation	Normal	6-001 Revisiones generales	Erick Me (UCR)
Cerrado	22	6 General	0	Avance de Obra	Other	Normal	6-001 Revisiones generales	Erick Me (UCR)
Cerrado	21	5 Eléctrico	0	Avance de Obra	Other	Normal	4-001 Revisiones mecánic...	Erick Me (UCR)
Abierto Revisado	20	2 Estructural	0	Avance de obra: Losa de t...	Other	Normal	2-001 Documentos estruct...	Dani Me (UCR)

Figura 68: Crear elemento en presentaciones

Figura 69: Menú editable para la presentación

Una vez finalizada la presentación, se crea un menú caracterizado por 3 elementos, el flujo de trabajo, el chat de actividad y la información general (Figura 70).

El flujo de trabajo se divide en 4 pasos: Primero se crea la presentación, en ese momento la presentación está creada, pero no se ha enviado, por lo que el miembro asignado todavía no la puede ver. Después se pasa al segundo paso, en el cual se envía al contratista

responsable. Este puede ver la presentación, sin embargo, no puede revisarla. En el tercer paso se envía al miembro asignado para la revisión. Por último, en el cuarto paso se cierra la presentación. Además, dado el caso y si la presentación se rechaza, en el cuarto paso se puede reenviar la presentación para realizar una nueva.

Otro elemento de la composición de la presentación es el chat. En este se puede dialogar con los miembros involucrados en la presentación sin que se llegué a dar una revisión oficial. Es decir, el chat sirve para mantener una comunicación fluida y poder establecer todas las dudas que se puedan generar antes de dar una aprobación final.

Por último, la información general, es donde se muestra toda la información referente a la presentación.

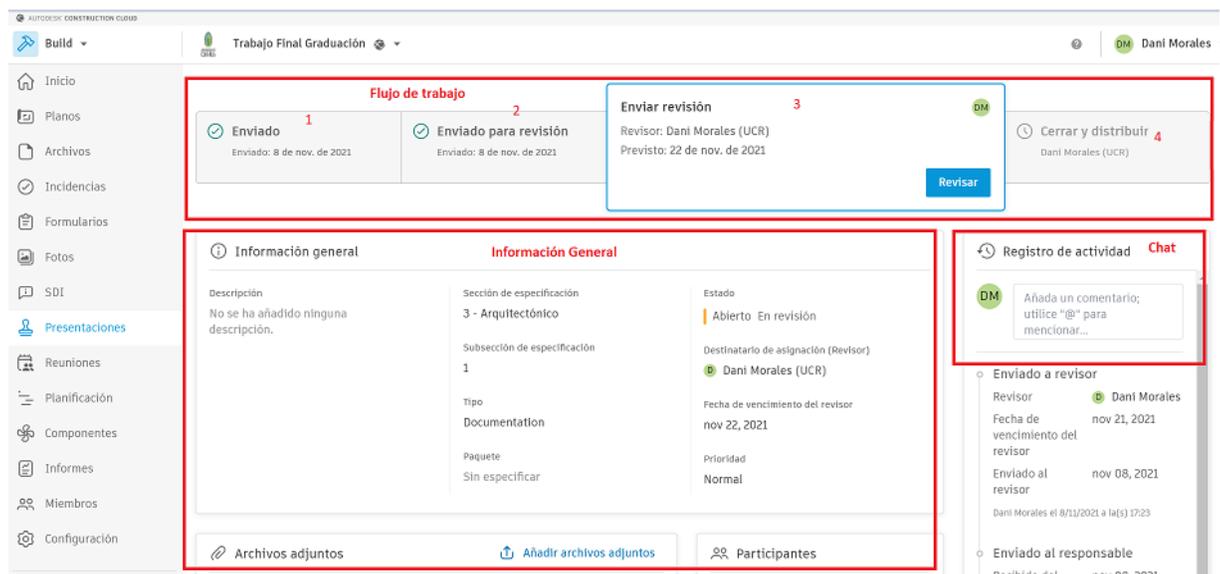


Figura 70: Composición de una presentación

En cuanto a la herramienta SDI, funciona para realizar aprobaciones o solicitar información a otro miembro del proyecto. Además, se puede utilizar para realizar preguntas y hacer aprobaciones. Así mismo, para realizar una SDI se sigue el siguiente proceso:

Primeramente, se selecciona la opción de "Crear SDI" en el ítem de SDI de la herramienta de Build (Figura 71). Posteriormente, se completa el menú que aparece en pantalla (Ver Figura 72). Es importante destacar que, a diferencia de presentaciones, en las SDI se puede asignar co-revisores, haciendo que no solo una persona pueda aprobar o comentar las SDI.

Build ▾ Trabajo Final Graduación

Inicio
Planos
Archivos
Incidencias
Formularios
Fotos
SDI
Presentaciones
Reuniones

SDI

[+ Crear SDI](#) Exportar ▾

Estado	ID	Título	Destinatario de asignación	Fecha de vencimiento	Ubicación	Impacto
Abierta Respondida	1	Prueba 1	Dani Morales UCR	28 de sep. de 2021		No
Cerrada	2	Consulta sobre los vidrios	Dani Morales UCR	29 de sep. de 2021		Yes
Cerrada	3	PEB	Dani Morales UCR	8 de oct. de 2021		Yes

Figura 71: Creación de SDI

Crear SDI

Estado *

Número de SDI * ⓘ

Título *

Destinatario de asignación *

Correvisores ⓘ

Fecha de vencimiento

Ubicación

[Cancelar](#) [Crear](#)

Figura 72: Menú editable para generar la SDI

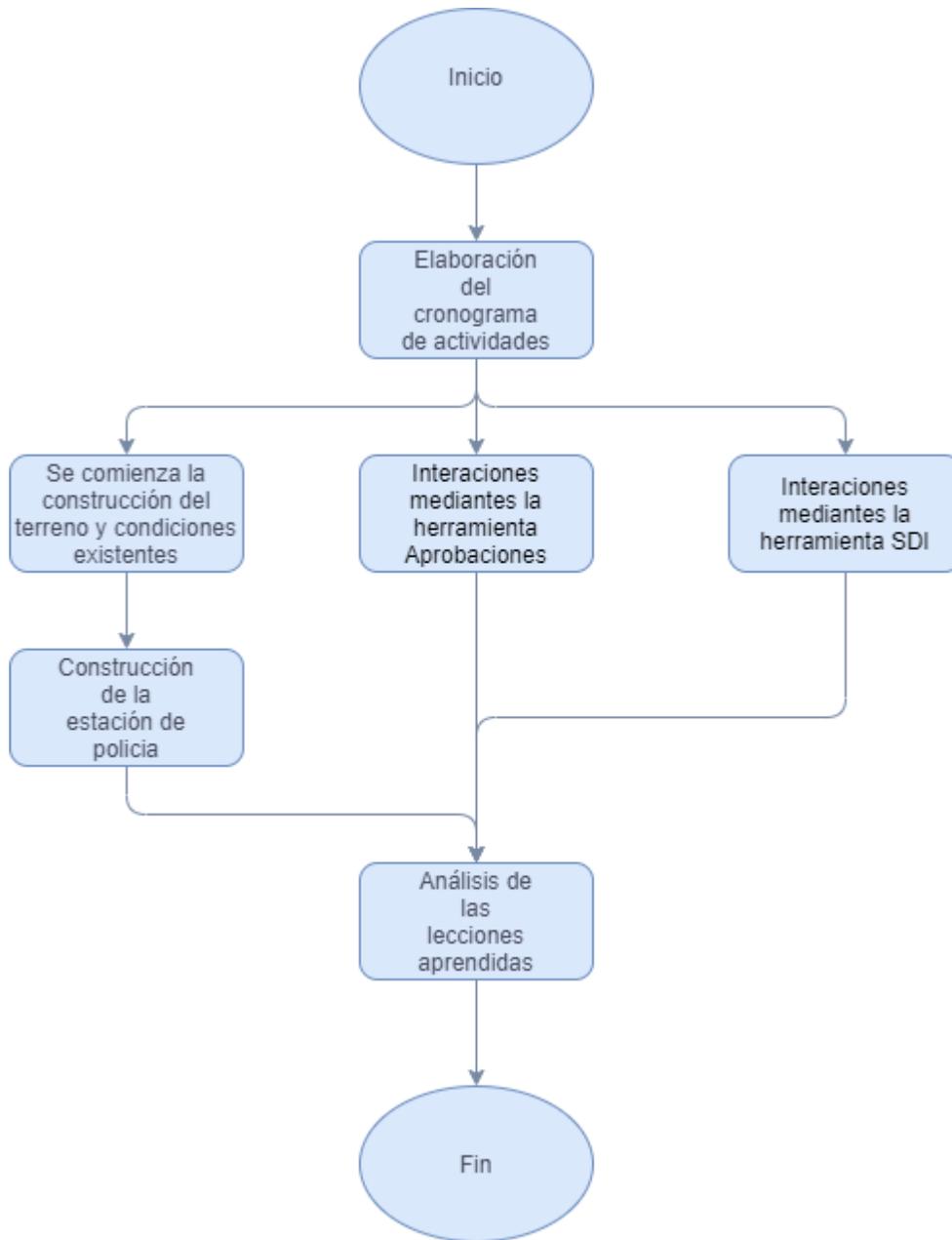


Figura 73: Diagrama de la fase de construcción

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

A continuación, se presentan algunas de las conclusiones generadas a partir de la generación de este proyecto:

- Fue posible simular y analizar varios flujos de trabajo colaborativo implementando la metodología BIM y la plataforma del Autodesk Construction Cloud.
- Se mostró a Revit como un software que brinda la posibilidad de diseñar modelos 3D de forma colaborativa.
- Se puede incluir algunas de las áreas del conocimiento en un proyecto a escala reducida como: el alcance, la integración y la comunicación.
- Es posible analizar los flujos de trabajo colaborativo en un proyecto simulado, y a escala reducida.
- Destacar la importancia del plan de ejecución BIM en proyectos con la metodología BIM, ya que este define en gran parte como se va a estructurar el proyecto. Es decir, marca las pautas a seguir, los roles y los usos BIM provocando que el proyecto se desarrolle de una forma más rápida y fluida.
- El software de Revit permite modelar elementos que por lo general son un poco ajenos en una construcción típica, como lo son los elementos de comunicación (antenas). Esto se puede realizar mediante el uso de la herramienta de componentes.
- La plataforma de Autodesk Construction Cloud funciona como una plataforma que unifica todo el proyecto y lo concentra en un solo lugar. Además, permite distinguir cada etapa del proyecto donde se está trabajando.
- La plataforma de Autodesk Construction Cloud, en base a la experiencia generada en la realización de este proyecto, se presenta como una ayuda en proyectos a gran escala, pero en proyecto muy pequeños puede que no genere gran diferencia entre usar la plataforma o el método tradicional.
- En base a lo utilizado de la plataforma de Autodesk Construction Cloud se encontraron algunas oportunidades de mejora. Por ejemplo, si es necesario realizar algún cambio en un modelo, los otros modeladores de las disciplinas restantes no se dan cuenta de lo sucedido en tiempo real, esto provoca que se generen conflictos sin conocimiento de ellos. Otra de las carencias encontradas, es la falta de ejes en

los modelos 3D, esto hace que se dificulte dar referencias sobre elementos en el modelo. Además, las observaciones que se realicen en el proyecto, ya sea mediante revisiones, presentaciones o SDI, puede que no se le notifique de manera correcta a los demás miembros del proyecto.

- La implementación de un EDT y un cronograma ayuda de manera considerable en la planificación y el seguimiento de las obras y funcionan como medida para estimar una duración del proyecto. Sin embargo, sería más provechoso que la plataforma contará con una herramienta para crearlo, y no solo poder visualizarlo.
- La plataforma Autodesk Construction Cloud funciona como medio de almacenamiento y visualización, pero no funciona como una herramienta en la cual se pueda apoyar para implementar todo lo necesario en el proyecto. En otras palabras, se requiere apoyo de otras plataformas o software, como por ejemplo de: Revit, AutoCAD, Excel y Project.

7.2.Recomendaciones

A continuación, se mencionan recomendaciones que se pueden seguir si se desea considerar este proyecto o la plataforma de Autodesk Construction Cloud en futuras investigaciones:

- Si se quieren obtener mejores resultados y poder analizar todas las funcionalidades que ofrece la plataforma del Autodesk Construction Cloud, es necesario disponer de varios actores que participen en el proyecto y desarrollen distintos roles BIM. Esto se debe a que, al haber pocos participantes, muchas herramientas pierden sentido debido a la asignación de varios roles hacia una misma persona.
- Disponer de un profesional que tenga experiencia o haya utilizado la metodología BIM o la plataforma de Autodesk Construction Cloud en su trabajo, sería muy provechoso para comprender al 100% esta metodología de trabajo. Esto debido a que este es un tema de poco conocimiento en los estudiantes universitarios
- El desarrollar el análisis de conflictos conforme se va modelando las distintas disciplinas ayuda mucho en el desarrollo de los modelos, ya que al final si se generan muchos conflictos, es tedioso y confuso manejar muchos conflictos al mismo tiempo.

- El desarrollar documentos como el plan de ejecución BIM, el EDT y el cronograma son herramientas de gran ayuda en el desarrollo de este tipo de proyecto, por lo que siempre es bueno desarrollarlos en la fase de planificación.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

Ansell, M., Evans, R., Holmes, M., Price, A. & Pasquire, C. (2009), "Collaborative working in highways major maintenance projects", *Management, Procurement and Law*, Vol. 162 No. 2, 59-67

Antonio, J. M. V., Mosqueda, J. S. H., Vázquez-Antonio, J., Hernández, L. G. J., & Calderón, C. E. G. (2017). El trabajo colaborativo y la socioformación: un camino hacia el conocimiento complejo. *Educación y Humanismo*, 19(33), 334-356.

Ariza, J. (2020). Que es autodesk construction cloud. Extraído el 15 de octubre del 2021 del sitio web: <https://www.autodesk.com/autodesk-university/es/class/Que-es-Autodesk-Construction-Cloud-2020#handout>

Autodesk. (2021). Acerca de autodesk construction cloud. Extraído el 15 de octubre del 2021 del sitio web: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/docs/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ESP/Docs-About-ACC/files/About-Autodesk-Construction-Cloud-html.html>

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management. *Journal of construction engineering and management*, 138(3), 431-442.

Brugarolas, S. (2016). Implementación de metodología BIM en el Project Management. Proyecto de graduación para obtener grado en Ingeniería Civil. Universidad politécnica de Catalunya. Escuela técnica de ingeniería de caminos, Barcelona, España.

Casati, F., Ceri, S., Pernici, B., & Pozzi, G. (1996, October). Workflow evolution. In *International Conference on Conceptual Modeling* (pp. 438-455). Springer, Berlin, Heidelberg.

Cleland, D.J *Project Management Strategic Design and Implementation*, Singapore, Me Graw Hill. 1998

Domínguez, V. H. M., & Bolaños, M. E. C. (2016). Los Sistemas Gestores de Flujos de Trabajo en la Gestión de Procesos Software. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 5(3).

Duarte Hinojosa, N. (2014). Razón de costo efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia.

Eastman, Ch.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Liston, K. (2008). *BIM. Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons

Gámez, F. C., Severino, M. J. S., & Márquez, R. J. G. (2014). Introducción a la metodología BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.

González Navarro, L. M. (2015). Modelado de un edificio habitacional utilizando la herramienta BIM para la cuantificación de elementos de construcción. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Gutiérrez, K., & Godoy, P. (2020). Estándares y trabajo colaborativo como parte de la enseñanza BIM en educación superior. *Revista Pensamiento Académico*, 3(1), 168-185.

Henríquez, Pauline. (2018). BIM, las tres letras de la construcción inteligente. Extraído el 5 de diciembre del 2021 del sitio web: <https://blogs.iadb.org/innovacion/es/bim-transformacion-digital-en-la-construccion/>

Jiménez, P & Pampliega, C (2015). BIM y Project Management en el sector de la construcción. Extraído el 5 de septiembre del 2021 del sitio web: <http://salineropampliega.com/2015/04/bim-y-project-management-en-el-sector-de-la-construccion.html>

Jurado-Muñoz, J. L., & Pardo-Calvache, C. J. (2013). La gestión de proyectos Software, una prospectiva en la aplicación de estrategias en la Ingeniería colaborativa. *Lámpsakos*, (9), 26-33.

Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de proyectos*. Buenos Aires: Pearson Educación.

Lloor, M. G. A. (2016). Estructura de Desglose de Trabajo como herramienta para la Planificación de Proyectos. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 1(2), 1-4.

Macías, R. G., & MACÍAS, R. G. (2009). Diseño de una estructura de desglose de trabajo (EDT) en base a la integración metodológica del diseño axiomático y la administración de proyectos.

Ogbamwen, J. (2016). Gestión de proyectos de construcción mediante Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD). Análisis y estudio de dos casos en EE. UU.

Oussouboure, G & Victore, R. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista Arquitectura e Ingeniería*, 11(1), 4.

Pastor, R. A. T. (2009). Modelo conceptual para la gestión de proyectos. *Perspectivas*, (24), 165-188.

PlanBIM (2017). Roles BIM. Extraído el 10 de octubre del 2021 del sitio web: <https://planbim.cl/wp-content/uploads/2017/11/documento-roles-bim-nov2017.pdf>

Plesums, C. (2002). Introduction to workflow. *Workflow handbook*, 19-38.

Prado, G. (2018). Determinación de los usos BIM que satisfacen los principios valorados en proyectos públicos de construcción (Doctoral dissertation, Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú).

Pressman, R. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. McGraw Hill, 8a. edition, EUA

Project Management Institute, (2018) "A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guides)", 6a. edition

Sánchez, D & Serrano, P. (2018). Integración del plan de ejecución BIM con la guía para la dirección de proyectos (PMBOK®) de PMI (Project Management Institute). *Building & Management*, 2(3), 24-32.

Saldías Silva, R. O. L. (2010). Estimación de los beneficios de realizar una coordinación digital de proyectos con tecnologías BIM. Universidad de Chile

Sierra, L. (2016). Gestión de proyectos de construcción con metodología BIM "Building information". Tesis para optar por doctorado en gestión de proyectos. Universidad militar nueva Granada. Bogotá, Colombia.

Seys (2021). Autodesk Construction Cloud, la solución para colaboración AEC y BIM. <https://seystic.com/presentamos-autodesk-construction-cloud-la-solucion-de-colaboracion->

para-aec-y-bim/. Extraído el 5 de diciembre del sitio web: <https://seystic.com/presentamos-autodesk-construction-cloud-la-solucion-de-colaboracion-para-aec-y-bim/>

Succar, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction. 2008

The APM Body of Knowledge. Association for Project Management. UK, Fifth Edition. 2006

Usos BIM (s,f). Extraído el 15 de octubre del 2021 del sitio web: <https://managebim.wixsite.com/2016/single-post/2017/08/18/identificando-los-usos-y-objetivos-bim-para-el-proyecto>

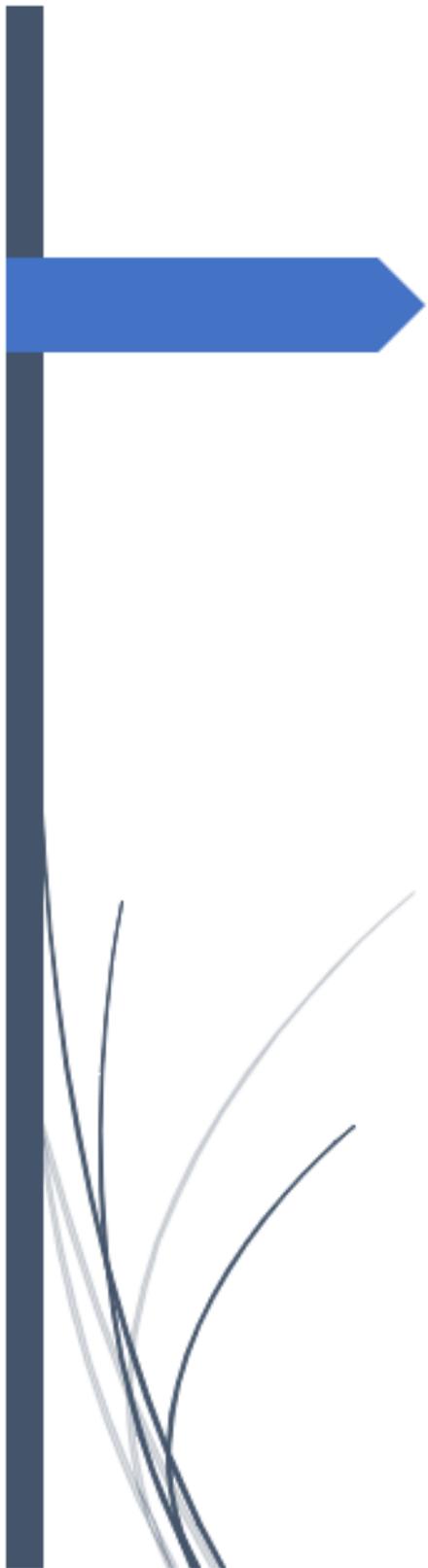
Vargas, A. (2015). Implementación del Modelado de Información de la Edificación (BIM) para detectar diferencias entre diseños de profesionales y facilitar el proceso constructivo. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Vera, J. (2021). Todo lo que necesita saber de autodesk construction cloud: Extraído el 23 de setiembre del 2021 del sitio web: <https://www.cadbim3d.com/2021/09/todo-lo-que-necesitas-saber-de-acc.html>

Zulueta Pérez, P., Sánchez Lite, A., Blanco Caballero, M., & Sánchez Allende, F. J. (2018). plan de ejecución bim (peb): una aproximación práctica desde un entorno académico.

APÉNDICES

Apéndice A: Plan de ejecución BIM



Plan De Ejecución BIM (PEB)

Elaborado por:
Dani Morales González

1. Introducción

Este plan de ejecución BIM se realizó en base al BIM Project Planning Guide del Penn State University (PSU) y tiene como finalidad presenta información relacionada con el modelo del proyecto, de esta manera tener definido el alcance y los objetivos del proyecto.

2. Información del proyecto

- Nombre del proyecto: Delegación de policía
- Localización del proyecto: -----
- Breve descripción del proyecto: El proyecto consiste en crear un modelo BIM de una estación de policía compuesta por 3 niveles.
- Número del proyecto: EP-UCR-EIC01

3. Objetivos del proyecto

3.1 Objetivo general

Crear un modelo BIM de un modelo a escala reducida de una estación de policía, con el fin de analizar los flujos del trabajo colaborativo y que esto sirva como base para su construcción

3.2 Objetivos específicos

- Levantamiento de las condiciones existentes en el sitio de construcción
- Definir y analizar las fases del proyecto
- Determinar la ubicación del edificio en terreno
- Analizar los flujos del trabajo colaborativo en el proceso de diseño y construcción del modelo
- Cuantificar los materiales necesarios para la construcción de la estación
- Controlar el avance de construcción en base al modelo recreado
- Coordinar los modelos generados en un solo modelo unificador
- Contar con un modelo "As Built" al concluir el proyecto

4. Roles y funciones BIM

4.1. Llave de contactos

Cuadro 1: Llave de contactos del proyecto

Rol	Organización	Nombre	E-Mail
BIM Manager/ Modelador BIM/ Constructor	AMP Constructora S.A	Dani Morales	dani.morales@amp.com
Arquitecto	DVS Arquitectura R.L	Erick Mata	erick.mata@dvs.com
Ing. Electromecánico	HyH Electromecánica S.A	Allan Rojas	allan.rojas@hyh.com
Ing. Estructural	Edific Constructora R.L	Mauricio Jiménez	Mauricio.jimenez@edific.com
Coordinador BIM	Modelar S.A	Jorge Rodríguez	jorge.rodriguez@modelar.com
Coordinador BIM	Modelar S.A	Juan Carlos Pérez	juan.perez@modelar.com

4.2. Funciones BIM

Cuadro 2: Funciones y responsabilidades de los miembros

Nombre	Rol	Función
Dani Morales	BIM Manager/ Modelador BIM/ Constructor	Implementa el BIM al proyecto mediante la configuración de procesos y flujos de trabajo, además de revisar el cumplimiento de los objetivos del trabajo. / Realiza exportaciones desde el modelo 2D, crea visualizaciones en 3D, coordina y revisa su trabajo con el arquitecto y los ingenieros.

Nombre	Rol	Función
Erick Mata	Arquitecto	Coordina y revisa lo seleccionado por el modelador BIM en cuanto al modelo arquitectónico. Además, contesta las preguntas o dudas que tenga el modelador BIM en cuestiones arquitectónicas.
Allan Rojas	Ing. Electromecánico	Coordina y revisa lo seleccionado por el modelador BIM en cuanto a los modelos electromecánicos. Además, que contesta las preguntas o dudas que tenga el modelador BIM en cuestiones mecánicas y eléctricas
Mauricio Jiménez	Ing. Estructural	Coordina y revisa lo seleccionado por el modelador BIM en cuanto al modelo estructural. Además, contesta las preguntas o dudas que tenga el modelador BIM en cuestiones estructurales.
Jorge Rodríguez / Juan Carlos Pérez	Coordinadores BIM	Asegurar la compatibilidad del modelo BIM con el resto de las disciplinas, en cuestión de la detección y comunicación de interferencias.

5. Usos BIM

Cuadro 3: Usos BIM en el proyecto

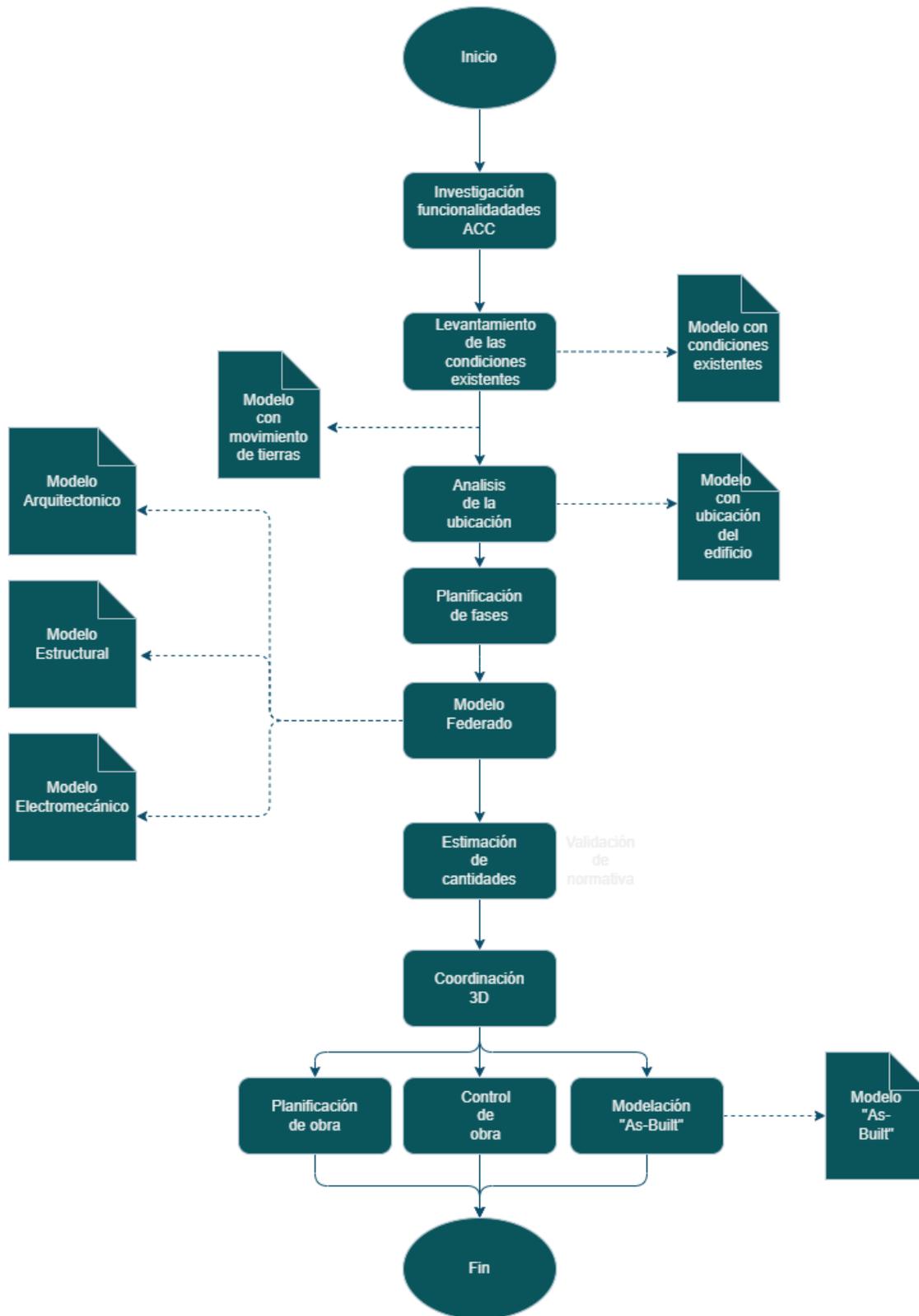
Objetivo	Uso BIM	Etapa
Evaluar las condiciones previas a la construcción en las que se encuentra el terreno.	Levantamiento de las condiciones existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamiento
Obtener la cantidad de materiales que se ocuparan para construir el modelo diseñado	Estimación de las cantidades	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamiento
Definir la ubicación del modelo en el terreno	Análisis de la ubicación	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamiento
Definir y visualizar las distintas fases del modelo	Planificación de fases	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamiento
Coordinar los distintos modelos en un solo modelo unificador	Coordinación 3D	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño • Construcción
Planificar las actividades de proyecto durante su construcción	Planificación de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción
Diseñar y visualizar sistemas constructivos como las formaletas y los pilotes	Diseño de sistemas constructivos	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción
Controlar el cronograma de obra, la calidad según el modelo físico con el teórico	Control de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción
Contar con un modelo actualizado según la finalización de la obra	Modelación as built	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción

5.1 Usos BIM del personal

Cuadro 4: Usos BIM y personal responsable

Uso BIM	Persona responsable	Empresa	Correo
Levantamiento de las condiciones existentes	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com
Estimación de las cantidades	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com
Análisis de la ubicación	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com
Planificación de fases	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com
Coordinación 3D	Juan Carlos Pérez	Modelar S.A	juan.perez@modelar.com
Planificación de obra	Erick Mata	DVS Arquitectura R.L	erick.mata@dvs.com
Diseño de sistemas constructivos	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com
Control de obra	Erick Mata	DVS Arquitectura R.L	erick.mata@dvs.com
Modelación as built	Dani Morales	AMP Constructora S.A	dani.morales@amp.com

5.2 Entregables del uso BIM



6. Proceso para reuniones

Cuadro 5: Tipo de reunión según la fase del proyecto

Tipo de reunión	Fase del proyecto	Frecuencia	Ubicación
Generalidades del proyecto	Planificación	2 reuniones	Virtual: Plataforma Zoom
Funcionalidades del ACC	Planificación	2 reuniones	Virtual: Plataforma Zoom
Coordinación del modelo	Diseño	Semanal	Virtual: Plataforma Zoom
Revisión del proceso de modelado	Diseño	Semanal	Virtual: Plataforma Zoom
Revisión del proceso de construcción	Ejecución	Semanal	Virtual: Plataforma Zoom

7. Control de calidad

Cuadro 6: Verificaciones del modelo y su responsable

Verificación	Definición	Responsable	Plataforma/Software	Frecuencia
Verificación visual	Asegúrese de que no haya componentes del modelo no deseados y que se haya seguido la intención del diseño	Erick Mata	ACC	2 veces por semana
Verificación de interferencias	Verificar si existen interferencias entre los modelos	Juan Carlos Pérez / Jorge Rodríguez	ACC	2 veces por semana

Verificación	Definición	Responsable	Plataforma/Software	Frecuencia
Verificación estándar	Asegúrese de que se hayan seguido los estándares BIM y AEC CADD (fuentes, dimensiones, estilos de línea, niveles / capas, etc.)	Dani Morales	Revit 2020	2 veces por semana

Apendice B: Estructura de desglose del trabajo

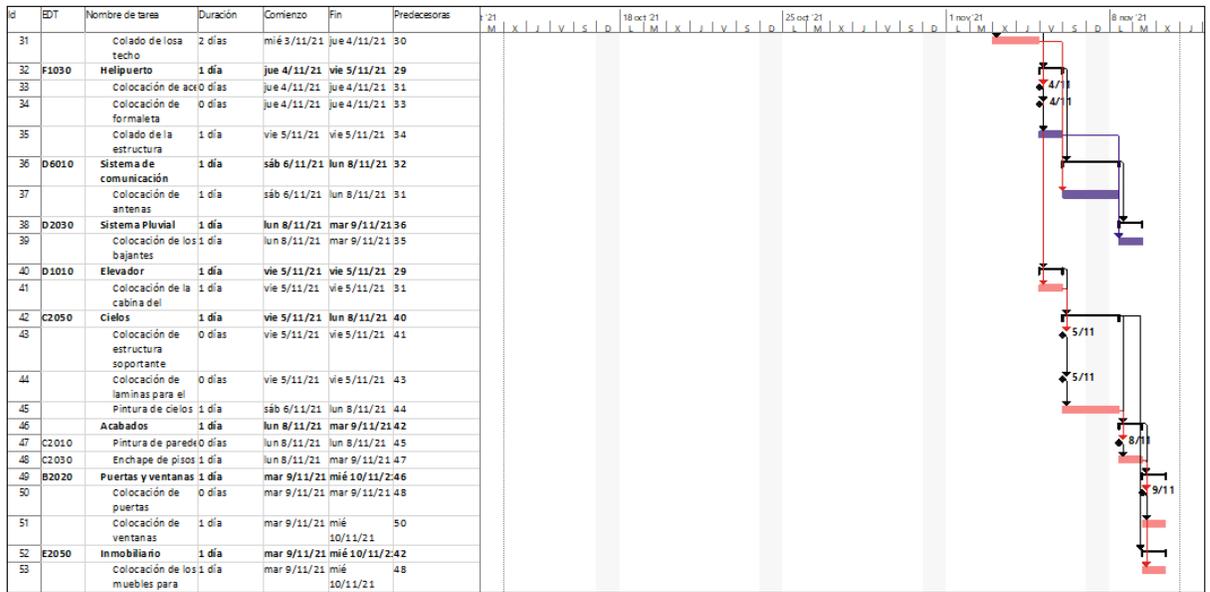
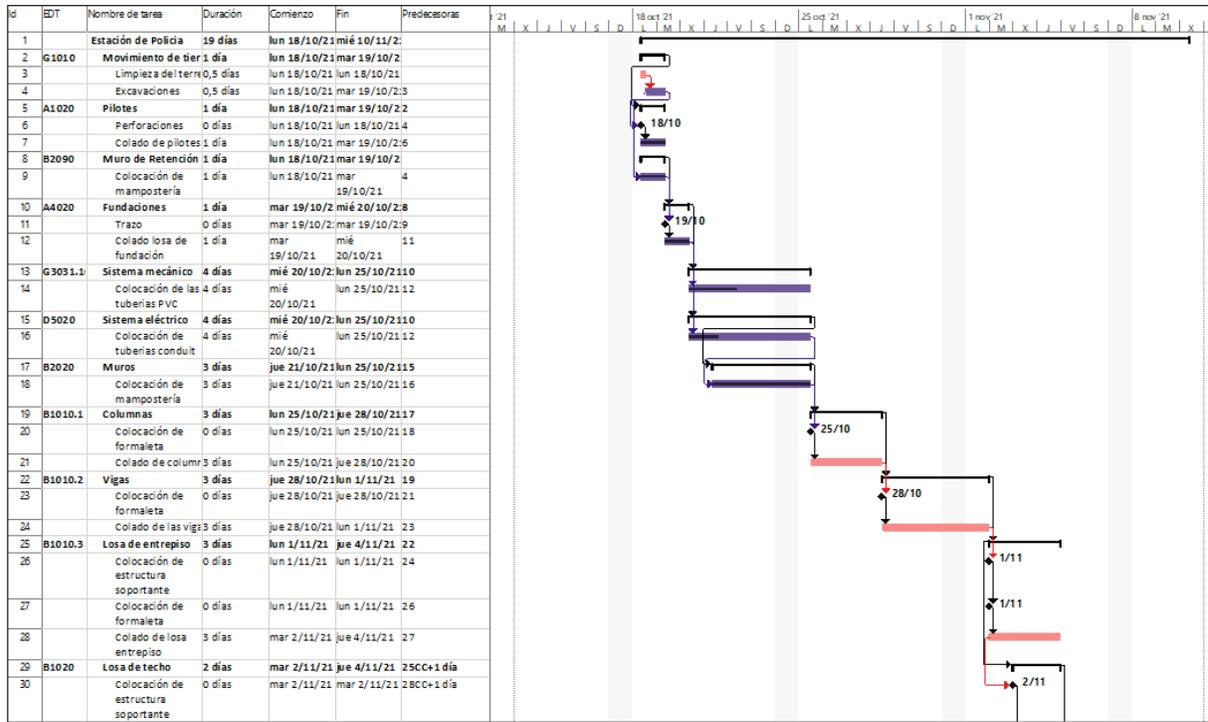
EDT Estación de policía (Lego)				
Codigo Uniformat	Actividad	Nivel	Descripción	Material (Ficticio)
A				
SubEstructura				
A1020	Pilotes	NO + 0,0 cm	Nivel de suelo	Concreto 280
A4020	Losas de Fundación	NO + 0,0 cm	Nivel de calle	Concreto 280
B				
Shell				
B1010.1	Muros y Columnas	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Concreto 210
B1010.1	Muros y Columnas	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Concreto 210
B1010.1	Muros y Columnas	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 350
B1010.2	Vigas	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 280
B1010.3	Entrepiso	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Concreto 210
B1020	Losa de techo, Sistema Estructural Portante	NO+13,6 cm	Primera Losa Techo	Concreto 210
B1020	Losa de techo, Sistema Estructural Portante	NO+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Concreto 210
B1020	Losa de techo, Sistema Estructural Portante	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Concreto 210
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	NO+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Vidrio
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Mampostería
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Mampostería
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	NO+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Mampostería
B2090	Muros exteriores especiales (Muro de retención)			Mampostería
C				
INTERIORES				
C1010	Divisiones Internas	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Gypsum
C1010	Divisiones Internas	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Gypsum
C1010	Divisiones Internas	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Gypsum
C2010	Pintura Paredes	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Aceite
C2010	Pintura Paredes	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Aceite
C2010	Pintura Paredes	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Aceite
C2030	Enchapes de Piso	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Ceramica
C2030	Enchapes de Piso	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Ceramica
C2030	Enchapes de Piso	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Ceramica
C2030	Enchapes de Piso	NO+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Ceramica
C2030	Enchapes de Piso	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Ceramica
C2050	Pintura de Cielos	NO+7,2 cm	Primer Entrepiso	Agua
C2050	Pintura de Cielos	NO+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Agua
C2050	Pintura de Cielos	NO+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Agua
C2050	Pintura de Cielos	NO+13,6 cm	Primera Losa Techo	Agua
C2050	Pintura de Cielos	NO+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Agua
C2050	Pintura de Cielos	NO+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Agua

D		SERVICIOS		
D1010	Elevador		Equipo de elevador que comprende los 3 niveles	Aluminio
D2030	Aguas Pluviales	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	PVC
D2030	Aguas Pluviales	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	PVC
D2030	Aguas Pluviales	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	PVC
D2030	Aguas Pluviales	N0+13,6 cm	Primera Losa Techo	PVC
D2030	Aguas Pluviales	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	PVC
D2030	Aguas Pluviales	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	PVC
D4010	Sistema contra Fuego	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Acero
D4010	Sistema contra Fuego	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Acero
D4010	Sistema contra Fuego	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Acero
D5020	Sistema Electrico	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Conduit
D5020	Sistema Electrico	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Conduit
D5020	Sistema Electrico	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Conduit
D5020	Sistema Electrico	N0+13,6 cm	Primera Losa Techo	Conduit
D5020	Sistema Electrico	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Conduit
D5020	Sistema Electrico	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Conduit
D5040	Luminarias	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Plastico
D5040	Luminarias	N0+12,4 cm	Segundo Entrepiso	Plastico
D5040	Luminarias	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Plastico
D5040	Luminarias	N0+13,6 cm	Primera Losa Techo	Plastico
D5040	Luminarias	N0+18,4 cm	Segunda Losa Techo	Plastico
D5040	Luminarias	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Plastico
D5040	Luminarias	N0+19,6 cm	Sobre Tercera Losa Techo	Plastico
D6010	Sistema de Comunicación de Datos	N0+13,6 cm	Sobre Primera Losa Techo	
D6010	Sistema de Comunicación de Datos	N0+18,4 cm	Sobre Segunda Losa Techo	
D6010	Sistema de Comunicación de Datos	N0+19,6 cm	Sobre Tercera Losa Techo	
D7010	Control de Acceso	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Plastico
E		MOBILIARIO		
E2050	Mobiliario Móvil Oficinas	N0+7,2 cm	Primer Entrepiso	Aluminio
E2050	Mobiliario Móvil Oficinas	N0+13,6 cm	Tercer Entrepiso	Aluminio
E2050	Mobiliario Móvil Oficinas	N0+19,6 cm	Tercera Losa Techo	Aluminio
F		CONSTRUCCIONES ESPECIALES		
F1030	Helipuerto	N0+19,6 cm	Sobre Tercera Losa Techo	Concreto 280
G		TRABAJOS DE SITIO		
G1010	Movimiento de tierra		Limpeza y movimiento de tierra	
G3010.10	Tubería de agua potable y cajas de registro		Incluye tubería y tanque subterráneo	PVC
G3010.30	Tubería de sistema contra incendios e hidrante y caja de registro		Incluye tubería y tanque subterráneo	PVC
G3020	Tubería de aguas Negras y caja de registro		Tubería subterránea	PVC
G3030	Tubería de aguas Pluviales y caja de registro		Tubería subterránea	PVC
G3050	Tubería distribución de Energía y caja registro		Tubería subterránea	PVC
G5010	Tubería de distribución de Datos y Comunicación y caja de registro		Tubería subterránea	PVC

Apéndice C: Cuantificación de los materiales

Cuantificación Estación de policía			
Codigo Uniformat	Actividad	Cantidad	Material (Ficticio)
A SubEstructura			
A1020	Pilotes	33,84 mm ³	Concreto 280
A4020	Losas de Fundación	52,99 mm ³	Concreto 280
B Shell			
B1010	Muros y Columnas	350,21 mm ³	Concreto 350
B1010	Vigas	64,51 mm ³	Concreto 280
B1010	Entrepiso	68,90 mm ³	Concreto 210
B1020	Losa de techo, Sistema Estructural Portante	17,75 mm ³	Concreto 210
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Ventanas)	952 mm ²	Vidrio Anti Golpes
B2020	Cierres Exteriores No Estructurales (Paredes)	448,93 mm ²	Mampostería
B2090	Muros exteriores especiales (Muro de retención)	232,55 mm ²	Mampostería
C INTERIORES			
C1010	Divisiones Internas	60 mm ²	Gypsum
C2010	Pintura Paredes	101,7 cm ²	Aceite
C2030	Enchapes de Piso	121,89 mm ²	Porcelanato
C2050	Pintura de Cielos	121,89 mm ²	Agua
D SERVICIOS			
D1010	Elevador	1	Aluminio
D2030	Aguas Pluviales	101,7 mm	PVC
D4010	Sistema contra Fuego	6	Plastico
D5020	Sistema Electrico	104,4 mm	Conduit
D5040	Luminarias	16	Aluminio
D6010	Sistema de Comunicación de Datos	6	Aluminio
D7010	Control de Acceso	1	Plastico
E MOBILIARIO			
E2050	Mobiliario Móvil Oficinas		Aluminio
F CONSTRUCCIONES ESPECIALES			
F1030	Helipuerto		Concreto 280
G TRABAJOS DE SITIO			
G3010	Tubería Potable	44,66 mm	PVC
G3010.10	Cajas de registro	2,34 mm ³	Concreto 210
G3010.30	Hidrante	1	Hierro
G3020	Tubería de aguas Negras	69,01 mm	PVC

Apéndice D: Cronograma



Apéndice E: Figuras de la construcción de la estación de policía



Figura 3: Colocación del sistema mecánico



Figura 2: Trazado y colocación de pilotes



Figura 4: Colocación de la losa de fundación

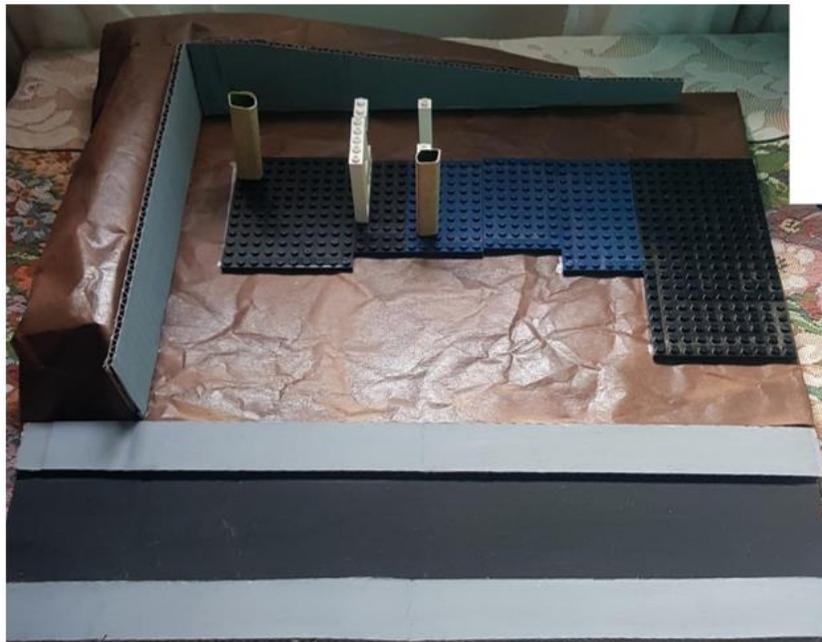


Figura 5: Colocación de muros y formaletas para columnas

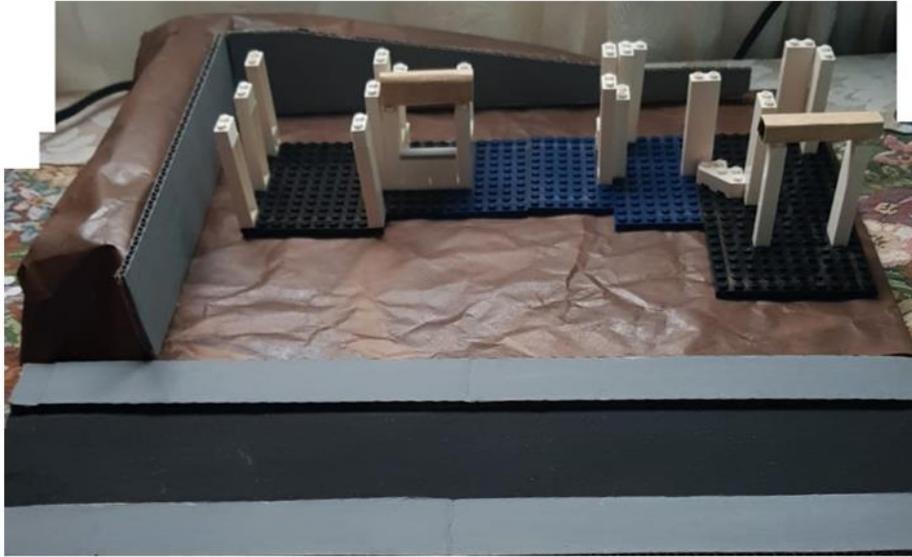


Figura 6: Colocación de las formaletas para las vigas

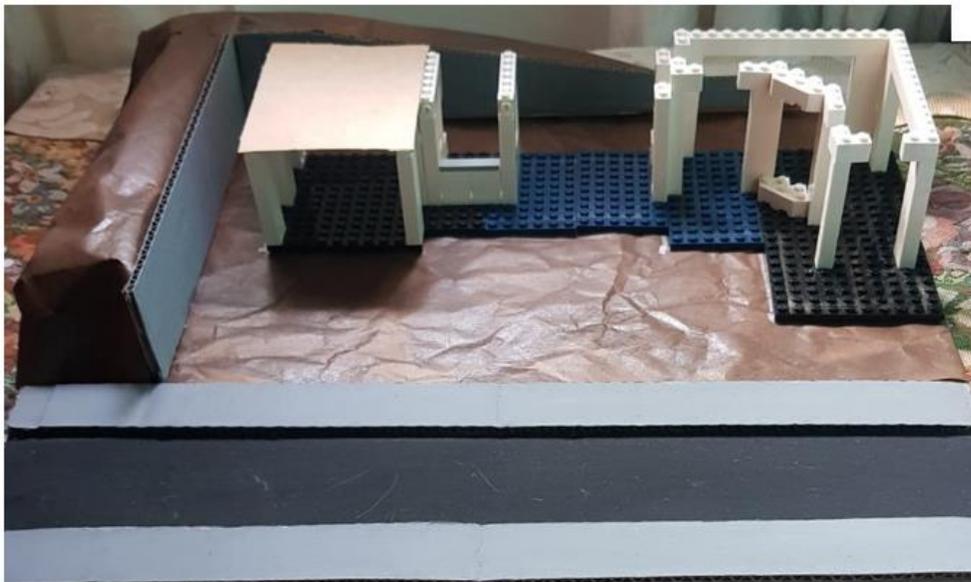


Figura 7: Colocación del sistema soportante para el entrepiso

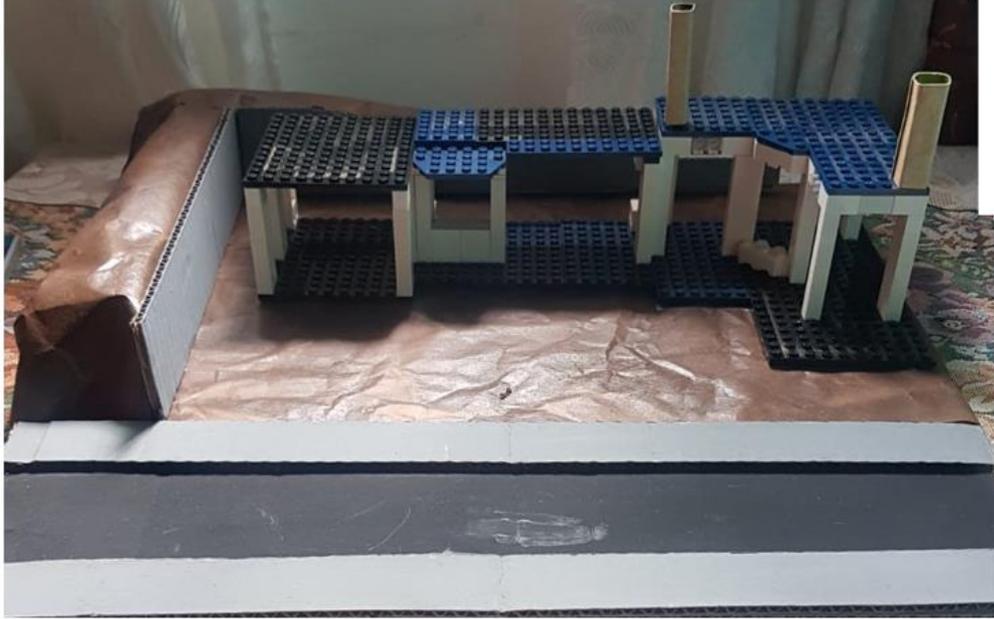


Figura 8: Colocación de las formaletas del segundo nivel

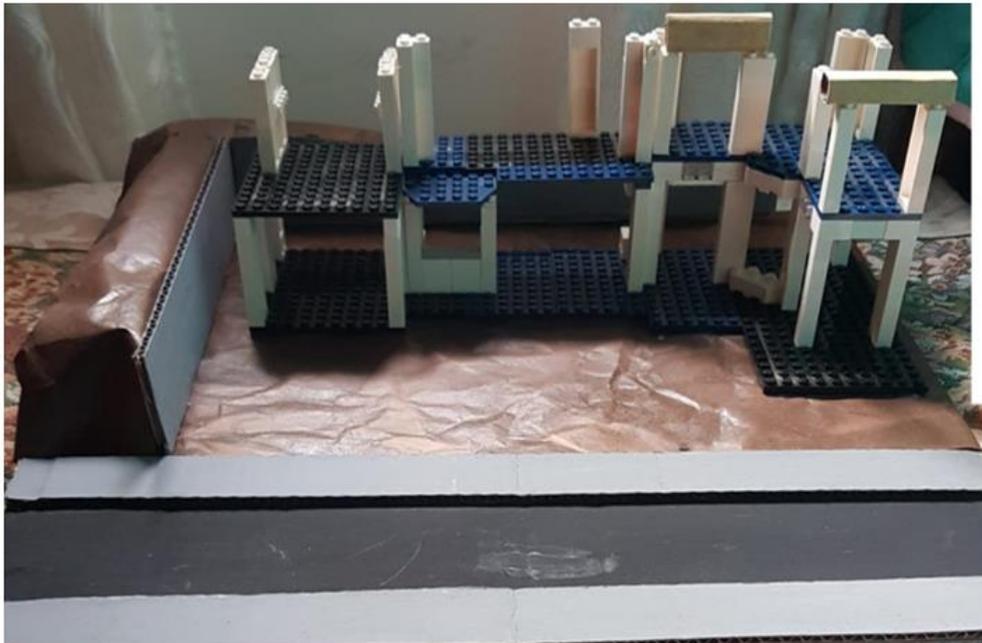


Figura 9: Colocación de las formaletas del segundo nivel



Figura 10: Colocación del sistema soportante del segundo nivel



Figura 11: Colocación de las formaletas para las columnas del tercer nivel



Figura 12: Colocación de las formaletas de las vigas del tercer nivel



Figura 13: Colocación de la estructura soportante del tercer nivel



Figura 14: Colocación del helipuerto y los bajantes pluviales



Figura 15: Colocación de los sistemas de datos



Figura 16: Colocación de puertas y ventanas



Figura 17: Colocación de las luminarias



Figura 18: Colocación de los muebles