



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

**UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

**Implementación de la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de
Aguas Residuales de San Isidro de Heredia**

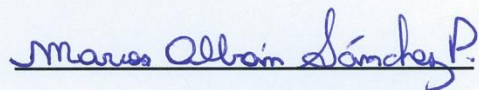
Andrés Fabian Montecinos

Universidad Latina Campus Heredia, 24 de mayo del 2019



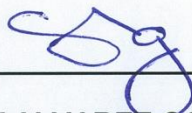
TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: "IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE SAN ISIDRO DE HEREDIA.", fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:



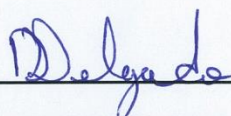
ING. MARCOS SÁNCHEZ PÉREZ

TUTOR



ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ

LECTOR



ING. DOMINGO ERNESTO DELGADO MARTINEZ, PH. D

REPRESENTANTE DE RECTORÍA

COMITÉ ASESOR

ING. MARCOS SÁNCHEZ PÉREZ

TUTOR

ING. SIRLEY ALVAREZ GONZÁLEZ

LECTOR

ING. DOMINGO ERNESTO DELGADO MARTINEZ, PH. D

REPRESENTANTE DE RECTORÍA



INGENIERÍA
CIVIL
UNIVERSIDAD LATINA

**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACION.**

Heredia, 24 de mayo, de 2019

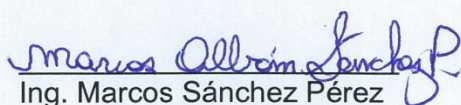
Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Implementación de la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia por parte del estudiante: Andres Fabian Montecinos, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,


Ing. Marcos Sánchez Pérez



**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE PROYECTO DE
GRADUACIÓN.**

Heredia, 24 de mayo, de 2019

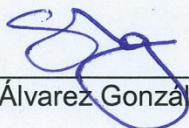
Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título Implementación de la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia por parte del estudiante: Andres Fabian Montecinos, como requisito para que el citado estudiante puedan optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,


Ing. Sirley Álvarez González

San Ramón, 29 de mayo de 2019

Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Latina de Costa Rica

Estimados señores:

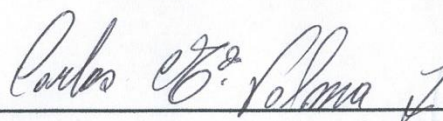
Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación, denominado: "Implementación de la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia", elaborado por el estudiante, **Andrés Fabián Montecinos**, con cédula N° 1-1562-0352, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Se consideraron los siguientes aspectos.

1. Lexicografía, morfología, fondo y forma en su totalidad.
2. Uso correcto de las preposiciones.
3. Usos lingüísticos de los signos de puntuación, interrogación, exclamación.
4. Los solecismos, barbarismos, cacofonías, anfibologías, monotonía del lenguaje, redundancia, pleonismo y la ortografía.

Por tanto, doy fe de que este proyecto contiene un fondo claro y preciso de la propuesta expresada en el mismo, con ideas correctas, que mantienen el hilo conductor a lo largo del documento.

Atentamente.



MSc. Carlos María Palma Zúñiga

Filólogo y Curriculista

Carné del Colypro 33367

Cédula 202260865





“Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Andres Fabian Montecinos

De la Carrera / Programa: Licenciatura en Ingeniería Civil

autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo): Proyecto de Graduación
titulado:

Implementación de la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **24** del mes **mayo** del año **2019** a las **15:00**. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjurio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores Según orden de mención al inicio de ésta carta:

Andres Fabian
Andres Fabian

AGRADECIMIENTOS

Agradecerles a la Ing. Sirley Álvarez González y al Ing. Marcos Sánchez Pérez, quienes fueron los profesores que me impulsaron a explorar un nuevo campo en la Ingeniería Civil como es la metodología BIM.

Agradecer a don Luis Alberto Vargas Madriz, por acompañarme en el proceso de la construcción digital del modelo en 3D con la metodología BIM aplicada, figura clave para completar el trabajo de graduación.

Quiero agradecer también a esas personas que siempre han estado ahí, la familia y los amigos que son testigos del esfuerzo y dedicación con las cuales se fueron superando cada uno de los retos que salían en el camino.

DEDICATORIA

Quiero dedicarles la presente investigación a mi padre Mauricio y a mi madre Andrea, quienes han sido parte fundamental de mi proceso de formación como ingeniero.

Quiero agradecerles por haberme enseñado a hacer siempre lo correcto, aun cuando este no sea el camino más fácil o corto. Al inculcarme valores como la honradez, respeto y perseverancia, que no solo hizo de mí una mejor persona, sino creó una manera de pensar ganadora, de primer mundo.

Dedicado también a todos mis compañeros y demás personas que me acompañaron en el camino.

A todas las personas que se encuentran en camino por realizar sus sueños, quiero recordarles que el peor intento es el que no se hace y solo cometiendo errores se aprende a ser mejor.

EPÍGRAFE

Aguas. Aguas Negras. Aguas Residuales. Aguas tratadas. Aire. Alcantarillados. Administración de proyectos. Autocad. BIM. *Building Information Modelling*. Cimentaciones. Clima. Colectores sanitarios. Concreto. Conflictos constructivos. Construcción. Construcción Digital. Control de Proyectos. Diseño. Diseño de plantas de tratamiento. Diseño BIM. Empresa de Servicios Públicos de Heredia. Errores de diseño. Formularios de Inspección. Integración. Integración de Especialidades. Integración de Sistemas. Lodos. Manuales de Procedimientos. Materia Orgánica. Materiales. Materiales de Construcción. Modelaje en Tres Dimensiones. Modelos. Modelo BIM. Muros. Muros de Contención. Muros de Contrafuerte. Muros de Gravedad. Muros de Voladizo. Niveles. Nivel de Detalle. Niveles de Sistemas Mecánicos. Niveles de Topografía. Oxígeno. Paredes. Pavimentos. Planos. Planos Arquitectónicos. Planos Mecánicos. Plantas. Plantas de Tratamiento. Procedimientos. Proyectos. Red de Drenaje Pluvial. Red de Drenaje Sanitario. Relieve. Rellenos. Revit. Rutas. Sistema. Sistema de Distribución de Agua Potable. Sistema de Distribución de Agua Residual. Sistema Pluvial. Sistema Constructivo. Software constructivo. Terrenos. Topografía. Tuberías. Tuberías de Aguas Negras. Tuberías de Aguas Pluviales. Tuberías Sanitarias.

Resumen

Building Information Modeling, BIM. Es una metodología que se basa en diferentes plataformas de dibujo en tres dimensiones, en esta se busca realizar una integración completa de todos los sistemas involucrados en una construcción para así obtener una construcción virtual. A partir del año 2000 se puede decir que inició la era BIM. Los más avanzados en esta industria son el Reino Unido y EE.UU. BIM Forum Costa Rica comenzó en el 2017 para implementar esta tecnología en la construcción costarricense. En el proyecto de graduación se va a implementar la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia, en conjunto con la Empresa de Servicios Públicos de Heredia. Se va a realizar la construcción digital en tres dimensiones, con una integración de todas las estructuras arquitectónicas y mecánicas, a partir de las láminas brindadas por la ESPH. Con la construcción virtual se realizará una visualización en 3D del proyecto para así realizar una revisión de las interferencias que puedan aparecer. Con el modelo en 3D de la PTAR se elaborará un listado de estándares básicos para elaborar un Protocolo BIM ESPH. A su vez se buscarán las ventajas y desventajas de la aplicación de la metodología a la obra que se quiere construir. Con la revisión de la construcción virtual se encontraron cuarenta y ocho (48) interferencias que fueron revisadas con un criterio ingenieril para filtrarlas y obtener diez (10) que deben ser revisadas por los profesionales responsables.

Summary

Building Information Modeling, BIM. It is a methodology that is based on different three-dimensional drawing platforms, in which it seeks to make a complete integration of all the systems involved in a construction in order to obtain a virtual construction. As of the year 2000, it can be said that the BIM era began. The most advanced in this industry are the United Kingdom and the USA. BIM Forum Costa Rica began in 2017 to implement this technology in Costa Rican construction. In the graduation project, the BIM methodology will be implemented in the Wastewater Treatment Plant of San Isidro de Heredia, in conjunction with the Public Services Company of Heredia. The digital construction will be carried out in three dimensions, with an integration of all the architectural and mechanical structures, from the sheets provided by the ESPH. With the virtual construction, a 3D visualization of the project will be carried out in order to review the interferences that may appear. With the 3D model of the WWTP, a list of basic standards will be drawn up to prepare a BIM ESPH Protocol. At the same time, the advantages and disadvantages of applying the methodology to the work to be built will be sought. With the revision of the virtual construction, forty-eight (48) interferences were found that were revised with an engineering criterion to filter them and obtain ten (10) that must be reviewed by the responsible professionals.

Contenidos

1. Introducción.....	17
1.1 Antecedentes:.....	17
1.2 Planteamiento del problema de investigación:.....	20
1.3 Objetivos:.....	21
1.3.1 Objetivo general:.....	21
1.3.2 Objetivos específicos:.....	21
1.4 Justificación:.....	21
1.5 Alcances:.....	22
1.6 Limitaciones:.....	22
1.7 Impacto:.....	23
2. Marco teórico:.....	24
2.1 Marco teórico-conceptual:.....	24
2.2 Marco teórico geográfico:.....	25
2.3 Marco teórico temporal:.....	28
3. Marco metodológico:.....	29
3.1 Paradigma:.....	29
3.2 Enfoque metodológico:.....	29
3.3 Técnicas e instrumentos para recolección de datos:.....	29
4. Análisis de Resultados.....	34
4.1 Protocolos y estándares BIM.....	34
4.1.1. Parámetros.....	34
4.1.2 Filtro de Fase.....	34
4.1.3 Muros.....	34
4.1.4 Pisos.....	35
4.1.5 Columnas y Vigas.....	35
4.1.6 Techos.....	35
4.1.7 Mecánico, Eléctrico y tuberías.....	35
4.1.8 Materiales.....	36
4.1.9 Información sobre modelación BIM.....	36
4.2 Elaboración del modelo BIM/3D.....	38
4.2.1 Elementos arquitectónicos.....	39

	14
4.2.2 Elementos arquitectónicos con función mecánica	47
4.2.3 Sistemas mecánicos	50
4.2.4 Modelo 3D integrado.....	55
4.2.5 Cortes modelo 3D	57
4.2.6 Secciones detalladas modelo 3D	59
4.2.7 Integración de disciplinas.....	60
4.3 Enumeración de conflictos o faltantes de información	66
4.3.1 Información pendiente	66
4.3.2 Conflictos entre disciplinas	75
4.4 Ventajas y desventajas de utilizar la metodología desde el principio.	82
5. Conclusiones.....	85
6. Recomendaciones	87
7. Bibliografía	88
8. Anexos.....	89

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1. Implementación del gobierno para Nivel 2 de BIM. Fuente: The BIM Hub, UK.	18
Ilustración 2. Beneficios en la implementación de BIM. Fuente: Hi-Tech Cadd Services, Pinterest.	24
Ilustración 3. Primera Etapa Proyecto de Saneamiento Ambiental de la ESPH. Fuente: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.	26
Ilustración 4. Sistema de colectores para la PTAR de San Isidro de Heredia. Fuente: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.	27
Ilustración 5. Marco metodológico para BIM. Fuente: Propia	30
Ilustración 6. Herramienta AutoCad en 2D. Fuente: Autodesk Electrical.....	31
Ilustración 7. Herramienta REVIT en 3D. Fuente: Planta de tratamiento Boaco, Nicaragua.....	32
Ilustración 8. AutoCad Civil, curvas de Nivel con infraestructura. Fuente: Cadline Community Blog.....	33
Ilustración 9. Caseta de vigilancia, modelo 3D Revit. Fuente: Propia.....	39
Ilustración 10. Corte interno caseta de vigilancia, modelo 3D Revit. Fuente: Propia	39
Ilustración 11. Edificio administrativo corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	40
Ilustración 12. Edificio administrativo, modelo 3D Revit. Fuente: Propia	41
Ilustración 13. Comedor de empleados, modelo 3D Revit. Fuente: Propia	42
Ilustración 14. Edificio de comedor corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	42
Ilustración 15. Caseta de subestación corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia	43
Ilustración 16. Caseta de subestación, modelo 3D Revit. Fuente: propia	43
Ilustración 17. Caseta de sopladores corte interno con CAD, modelo 3D Revit. Fuente: Propia	44
Ilustración 18. Caseta de sopladores, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	44
Ilustración 19. Caseta de espesamiento, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	45
Ilustración 20 . Caseta de Filtros-Prensa, modelo 3D Revit. Fuente: propia	46
Ilustración 21. Caseta de filtros corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	46
Ilustración 22. Desarenador. Fuente: Modelo 3D Revit	47
Ilustración 24. Desarenador vista superior, modelo 3D Revit. Fuente: propia	48
Ilustración 23. Desarenador corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia	48
Ilustración 26. Sedimentador secundario vista lateral, modelo 3D Revit. Fuente: propia	49
Ilustración 25. Sedimentador secundario, modelo 3D Revit. Fuente: propia	49
Ilustración 27. Vista superior sistema pluvial, recirculación, y aguas negras con CAD, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	51
Ilustración 28. Vista lateral, diferencia de niveles, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	51
Ilustración 29. Vista superior sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	50
Ilustración 30. Vista superior sistema potable y de aguas tratadas, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	52
Ilustración 31. Vista lateral de la ruta de los sistemas, modelo 3D Revit. Fuente: propia	53
Ilustración 32. Planta completa etiquetada, modelo 3D Revit. Fuente: propia	54
Ilustración 33. Vista lateral aérea PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia	55
Ilustración 34. Vista frontal PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	56
Ilustración 35. Vista trasera PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia.	56
Ilustración 36. Corte transversal norte-sur, modelo 3D Revit. Fuente: propia	57
Ilustración 37. Corte norte-sur vista al sector oeste (caseta de filtros), modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	57
Ilustración 38. Corte este-oeste vista sector norte (oficinas), modelo 3D Revit. Fuente: propia	58

Ilustración 39. Referencia corte este-oeste, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	59
Ilustración 40. Corte detallado de sección administrativa, modelo 3D Revit. Fuente: propia	59
Ilustración 41. Corte detallado sección caseta de filtros prensa, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	60
Ilustración 42. Vista superior sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	61
Ilustración 43. Vista por debajo de la PTAR para ver rumbos de sistemas, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	62
Ilustración 44. Detalle de niveles en caseta de filtros, modelo 3D Revit. Fuente: propia	62
Ilustración 45. Detalle de niveles en tuberías, modelo 3D Revit. Fuente: propia	62
Ilustración 46. Detalle de tuberías en caseta de filtros, modelo 3D Revit. Fuente: propia	63
Ilustración 47. Detalle niveles cruce de calle, modelo 3D Revit. Fuente: propia	64
Ilustración 48. Detalle cruce de calle de tuberías, modelo 3D Revit. Fuente: propia	64
Ilustración 49. Planos CAD, caseta de espesamiento. Fuente: ESPH.....	66
Ilustración 50. Caseta de espesamiento, detallado interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	67
Ilustración 51. Detalle alero edificio administrativo, modelo 3D Revit. Fuente: propia	68
Ilustración 52. No hay detalle para alera, planos CAD. Fuente: ESPH.....	68
Ilustración 53. Ancho estimado de ventana, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	69
Ilustración 54. Detalle de CAD, anchos de ventana. Fuente: ESPH	69
Ilustración 55. Detalle de ubicación ventanas, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	70
Ilustración 56. Ancho y ubicación ventana, CAD. Fuente: ESPH.....	70
Ilustración 57. Vista en planta, detalle de pila, CAD. Fuente: ESPH	71
Ilustración 58. Vista lateral, detalle de pila, CAD. Fuente: propia	71
Ilustración 60. Detalle desfogue sanitario, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	72
Ilustración 59. Detalle información planos CAD. Fuente: ESPH.....	72
Ilustración 61. Detalle salida agua potable, modelo 3D Revit. Fuente: propia	74
Ilustración 62. Salida agua potable sin conexión, planos CAD. Fuente: ESPH	74
Ilustración 63. Detalle caja pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia	75
Ilustración 64. Conflicto entre sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia	75
Ilustración 65. Tubería pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	76
Ilustración 66. Cajas expuestas y tuberías de aguas tratadas en pasillo, modelo 3D Revit. Fuente: Propia	77
Ilustración 67. Tubería agua tratada expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	78
Ilustración 68. Tubería agua tratada expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	78
Ilustración 69. Conflicto entre sistema potable y aguas negras, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	79
Ilustración 70. Conflicto caja pluvial con aguas tratadas, modelo 3D Revit. Fuente: propia	79
Ilustración 71. Cajas de registro expuestas, aguas de recirculación, modelo 3D Revit. Fuente: propia	80
Ilustración 72. Detalle de tubería pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia.....	81

1. Introducción

1.1 Antecedentes:

El nacimiento del término *Building Information Model* (BIM), fue utilizado por primera vez a mediados de los años 80, por Simon Ruffle y Robert Aish. No fue hasta el 2002 que la compañía Autodesk, comenzó a utilizar la terminología de BIM junto con otras compañías desarrolladoras de software y de ahí se puede ver cómo dio su inicio hacia lo que es hoy en día.

Revisando una escala global de la implementación de BIM en los proyectos de construcción se puede ver que en Asia ha tenido un gran crecimiento. En lugares como Hong Kong, India, Irán, Malasia, Singapur, y Corea del Sur, se ha mostrado un cambio a partir de los años 2012-2013, donde ya se podía ver algún porcentaje importante de la población que utilizaban el sistema. También hay municipalidades como la de Dubai, donde ya se ha hecho requisito la aplicación de BIM para proyectos de cierta área constructiva, altura y tipo de edificio. A partir del 2016, comenzaron a aplicar los estándares establecidos por el Reino Unido.

Para el caso europeo, muchos países se han involucrado en la utilización del BIM. Algunos países cuentan con instituciones gubernamentales que velan por la implementación de este y además, solicitan algunos requisitos mínimos para la utilización, algunos de los países en esta lista son: Austria, Francia, Alemania, Irlanda, Italia y Holanda. También en varios de los antes mencionados, colocan el BIM como requisito en la construcción de obra pública; por lo que muchos contratistas se han incorporado al uso para poder mantener la competitividad en el mercado.

Uno de los países más avanzados en la región europea es el Reino Unido, según registros del "National Building Specification" que pertenece al "Royal Institute of British Architects" ha realizado encuestas anuales del 2010 al 2015, donde se obtienen resultados que demuestran el incremento. En el año 2010, había un 13 % de la población

relacionada con la construcción, haciendo uso de la metodología BIM para el año 2015 había aumentado a 54 % de los profesionales en este campo de la ingeniería, utilizando BIM. Uno de los requisitos para obra pública solicitado por el ente regulador es que se llegue a nivel 2 en los estándares BIM.

HISTORY OF Mandate

Government Construction Strategy - May 2011

Level 2 BIM 2016

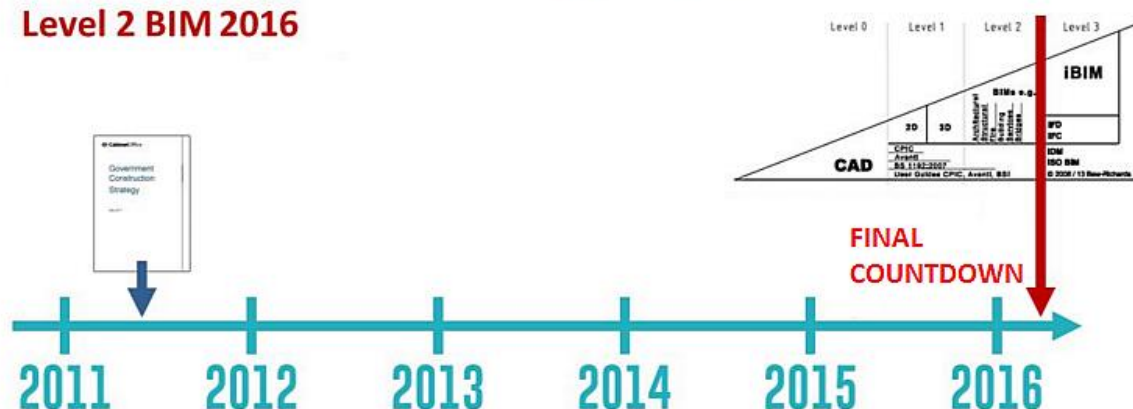


Ilustración 1. Implementación del gobierno para Nivel 2 de BIM. Fuente: The BIM Hub, UK.

Otro de los grandes en la implementación del BIM es Estados Unidos, ellos a diferencia del Reino Unido, no tienen una reglamentación que rija para todo el país por lo que la competitividad entre los diferentes procesos y herramientas se mantiene en el día a día. Se ha logrado incorporar a los desarrolladores inmobiliarios, contratistas y diseñadores desde el comienzo de la idea hasta la operación del edificio.

Finalmente, Costa Rica, la metodología BIM viene con un crecimiento importante en el país, muchas firmas de diseñadores y consultores están haciendo uso de las herramientas y las plataformas 3D incluso algunas han dejado atrás la tecnología 2D para hacer uso de un modelo único.

En el caso de las constructoras el proceso ha sido más lento, son pocas las que están aplicando la metodología en el proceso de construcción, la mayoría de estas se

quedan con sus métodos manuales para el control de sus obras que con el tiempo van a ir migrando a estas tecnologías para poder coordinar las etapas de diseño y construcción. Para así en algún momento aspirar a realizar una conexión con la operación y mantenimiento de los edificios en el país.

BIM Forum Costa Rica, que trabaja por medio de la Cámara Costarricense de la Construcción ha hecho una labor importante para la modernización de la construcción, ellos trabajan desde el año 2017 con el objetivo de impulsar en el país esta metodología que está revolucionando la industria constructiva. (Anexo 1) (Anexo 4)

Para la recolección de información sobre la metodología BIM en Costa Rica se harán entrevistas a diferentes compañías constructoras que trabajan con la metodología para así ver cómo es el proceso de adaptación que ha tenido en todos los diferentes procesos de la construcción, desde la etapa de diseño, pasando por lo constructivo y por último en la operación.

A continuación, un cuestionario que se ha preparado para los entrevistados:

- ¿Qué es para ustedes BIM?
- ¿Cómo incorporan BIM a los proyectos de ustedes? Hay casos que lo pueden aplicar desde la etapa de diseño y otros en que no.
- ¿De qué manera controlan el uso del BIM en las diferentes partes del proyecto? Día a día, semanal, quincenal, mensual.
- ¿Han logrado tener un mejor control del cronograma con esta metodología?
- ¿Qué técnicas utilizan para el cronograma con el modelo BIM? Líneas de balance o barras de Gantt.
- ¿Quién es la empresa que está comercializando el VICO?
- ¿Quiénes tienen acceso al modelo BIM durante la ejecución? ¿Y quiénes puede modificarlo?
- ¿Cómo es la coordinación del uso de la metodología con los propietarios?
- ¿Qué tan involucrados están los clientes en el seguimiento del programa con la metodología?
- ¿Utilizan la metodología para las estimaciones de presupuesto? ¿Cómo ayuda esto?
- ¿Cuándo encuentran choques en el diseño; como lo manejan o resuelven?
- ¿Cuánto se puede llegar a reducir las órdenes de cambio en un proyecto?
- ¿Cómo ven la utilización de BIM en la construcción ahora y a futuro?
- ¿Cómo les ha ido con los maestros de obra y la utilización del sistema?

- ¿Cuáles disciplinas tienen más dificultades para acoplarse al sistema?
- ¿Qué nivel de detalle manejan los consultores para BIM?
- ¿Que otras empresas conocen que manejen BIM. Si conocen alguna empresa que se dedique a la modelación BIM. ¿Contactos?
- ¿Qué tiempo o estimado les toma la modelación? ¿Como lo manejan por m2? alguna idea.
- ¿Cómo se hace la extracción de información del modelo para los presupuestos, cronogramas? ¿Se realiza manual por medio del BIM Manager?
- ¿Cuántos proyectos han ejecutado con BIM?
- ¿Han trabajado modelos AS BUILT con el BIM? ¿Cómo los traspasan a los clientes?

Respuesta de las entrevistas (Anexo 5)

1.2 Planteamiento del problema de investigación:

En cualquier obra constructiva que se haya realizado y se vaya a realizar, siempre existen diferencias entre lo diseñado previamente con lo que ocurre realmente en la obra. Muchas de estas diferencias se traducen en incremento de tiempo y costos. Como también se dan incongruencias entre las diferentes disciplinas que están involucradas en un proyecto, como son la ingeniería estructural, mecánica, eléctrica; la arquitectura y topografía. También se dan casos en que la topografía no está actualizada con respecto a los últimos diseños y se deben buscar soluciones rápidas.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general:

Implementar la metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia, en conjunto con la Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

1.3.2 Objetivos específicos:

1. Establecer protocolos o estándares para la implementación de la metodología BIM.
2. Elaborar el modelo del proyecto bajo los estándares para la metodología BIM, mediante la plataforma Revit.
3. Generar listas de interferencias o posibles conflictos constructivos que genera el modelo entre las diferentes disciplinas.
4. Destacar las principales ventajas o desventajas de haber diseñado el proyecto mediante metodología BIM.

1.4 Justificación:

Con la implementación del *Building Information Modeling* (BIM) se pueden evitar o reducir las diferencias entre lo diseñado y lo que se va a construir en sitio. A la vez se logra una integración de las diferentes disciplinas de una obra. Con esta metodología se busca la creación de un modelo en tres dimensiones, de lo que se va a construir posteriormente. En este modelo se pueden observar cortes y secciones en cualquier lugar del modelo, por lo que es mucho más sencillo visualizar cada una de las partes de la obra previo a su construcción.

En este tipo de modelación, el cliente o propietario de los planos puede tener un gran beneficio en lo que será la pre construcción y la construcción del edificio. Para la

parte de pre construcción se pueden obtener con una mayor precisión en las cantidades de materiales y por ende en el presupuesto de la obra. Además, se pueden evitar conflictos constructivos que se puedan dar en la etapa constructiva, con esto se pueden evitar las órdenes de cambio y retrasos que esto puede causar.

1.5 Alcances:

El trabajo abarcará la construcción de un modelo digital mediante la metodología BIM. En el modelo se estará realizando planos en 2D brindados por la ESPH, a esto se le incorpora la tercera dimensión (3D) donde se incluyen las alturas y niveles de los elementos y con esto se realiza la integración de las disciplinas sobre un único modelo, donde se pueden verificar interferencias y choques.

El trabajo está enfocado en la modelación BIM de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia, sin embargo, también se incluirán unas secciones de arquitectura para las estructuras.

1.6 Limitaciones:

Para realizar el modelaje de una forma integral y completa con todas las disciplinas, se requiere cierta información básica por parte de todas las partes involucradas. No se va a desarrollar la cuarta ni la quinta dimensión, que es la relación con el cronograma de la obra y el presupuesto, esto requiere de una información detallada de la ejecución de las líneas del presupuesto contra la construcción en sí (Anexo 8). En Costa Rica existe poca información sobre la metodología BIM, por lo que es un número reducido de empresas que utilizan la metodología; desde el diseño hasta la parte constructiva.

Además, es importante que se utilice la metodología en todas las disciplinas para obtener un resultado óptimo.

1.7 Impacto:

La implementación de esta metodología BIM en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, tiene un impacto desde el diseño previo a su construcción, pasando por la etapa de presupuesto, cronograma y su construcción, hasta el proceso de post-construcción que sería la fase operativa. La implementación del modelado permite ver secciones que eran de difícil visualización, la elaboración de un presupuesto detallado, la reducción de las órdenes de cambio, la integración de todas las disciplinas en un mismo modelo, la relación del modelaje con el cronograma de la obra y para la parte operativa, se puede hacer uso del modelo "As Built" para así, de esta manera, poder visualizar y entender cómo fue construido y dónde se ubican los diferentes componentes.

2. Marco teórico:

2.1 Marco teórico-conceptual:

El *Building Information Modelling*, conocido como BIM, es el término utilizado para definir la metodología de trabajo integrada de todas las disciplinas que se ven involucradas en una construcción. Esto es posible mediante las diferentes herramientas tecnológicas para la creación, manejo de información y documentación, por medio de todo el proceso en una obra de ingeniería. Esta metodología tiene muchas ventajas a la hora de la modelación; algunas de estas son la visualización de todas las disciplinas integradas, elaboración de presupuestos, y ayuda a la organización de los tiempos en la construcción.

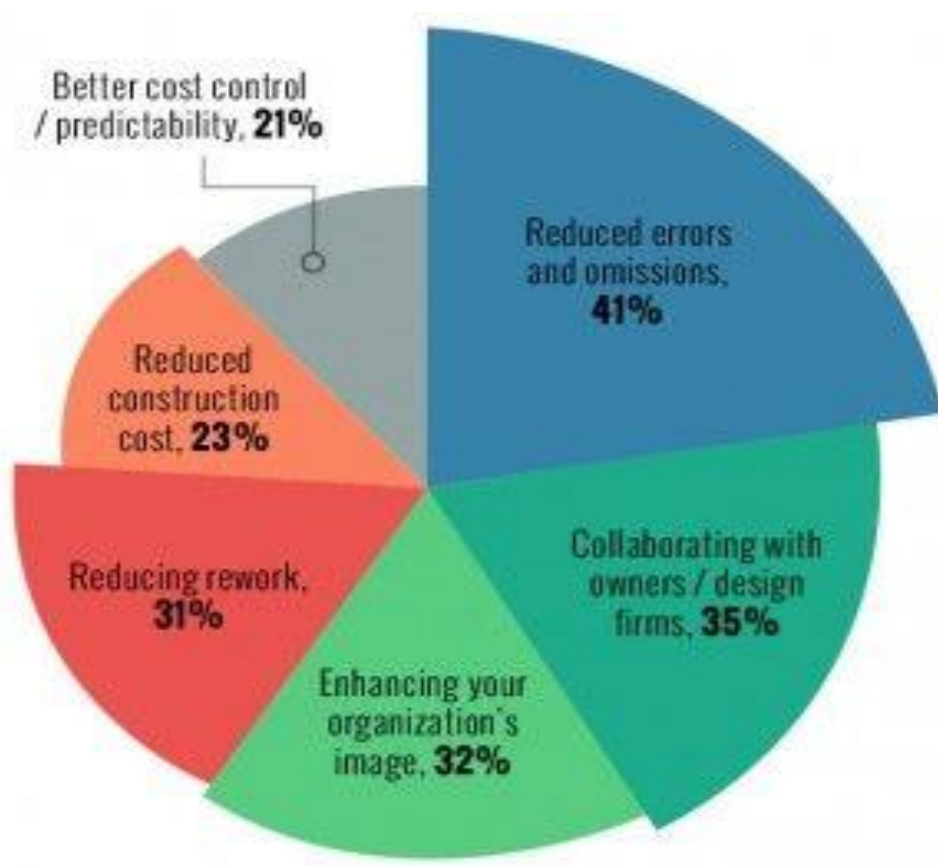


Ilustración 2. Beneficios en la implementación de BIM. Fuente: Hi-Tech Cadd Services, Pinterest.

Las herramientas digitales que se pueden utilizar son diferentes aplicaciones para la creación de los modelos, como son: *el AutoCad, Revit y AutoCad Civil*. Estas aplicaciones permiten visualizar las diferentes disciplinas de manera digital para posteriormente, realizar una integración de todas las partes en un solo modelo. De esta manera se puede tener un modelo digital y una visualización de lo que será la construcción.

La metodología BIM está definida por los siguientes niveles de desarrollo o LOD (por sus siglas en inglés).

- LOD 100: modelo conceptual, da una visión general de volumen y orientación.
- LOD 200/250: aporta visión general con magnitudes aproximadas, ayuda a detectar interferencias o discrepancias del Proyecto.
- LOD 300: información más precisa, pendiente de algún detalle constructivo. Nivel de detalle externo importante.
- LOD 400: Contiene el detalle necesario para la construcción con sus respectivos niveles.
- LOD 500: representa el nivel más alto de detalle, se prepara para utilizar en la operación o "*Facility Management*"

(Anexo 7)

2.2 Marco teórico geográfico:

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia se ha enfocado en darles una mejor calidad de vida a sus usuarios, como también realizar una contribución con el saneamiento ambiental del Gran Área Metropolitana. La construcción de esta planta de tratamiento en la localidad de San Isidro de Heredia trae un beneficio para la población de la zona, la planta se ubica en una zona residencial donde se espera tratar el agua de 82,000 viviendas y comercios.

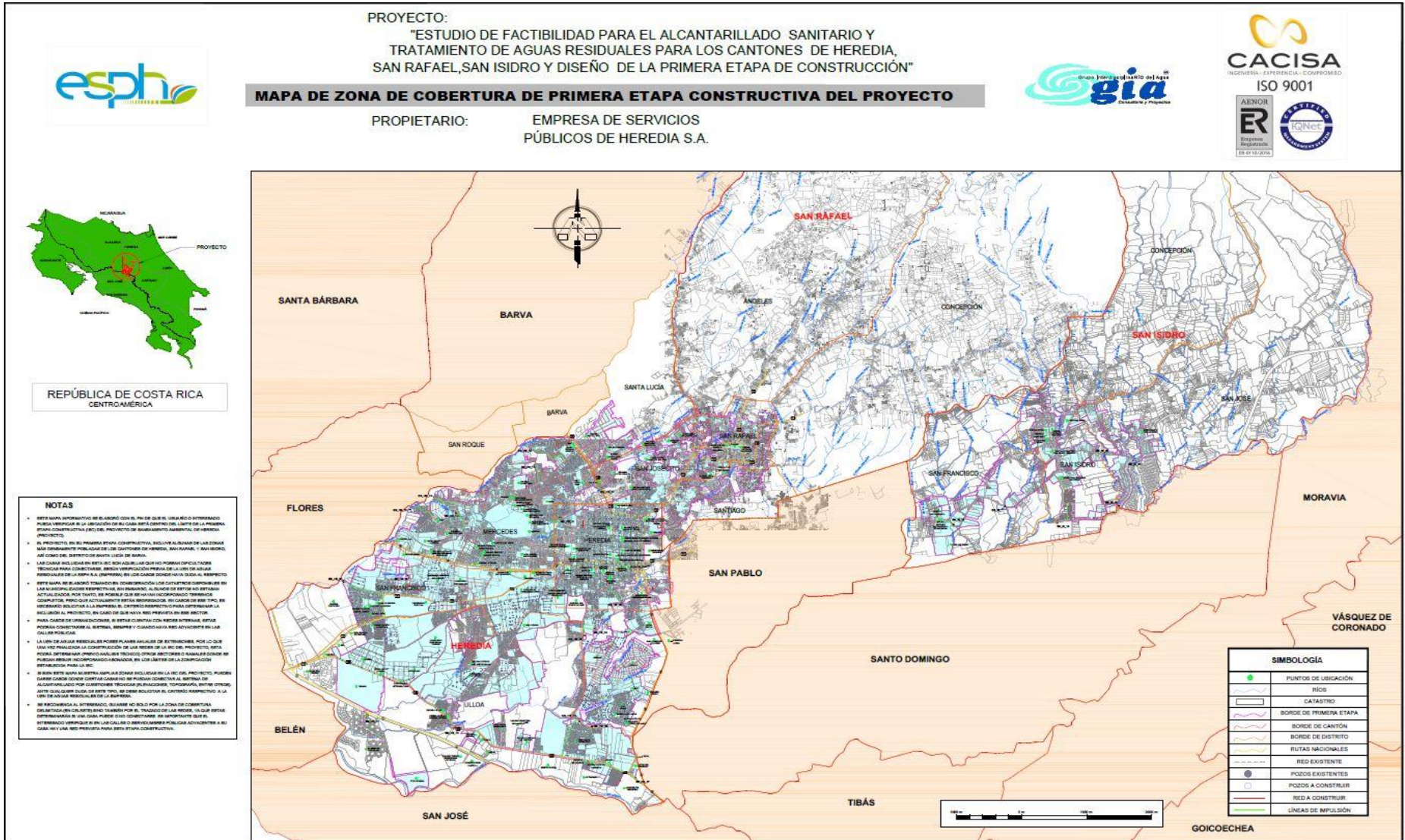


Ilustración 3. Primera Etapa Proyecto de Saneamiento Ambiental de la ESPH. Fuente: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

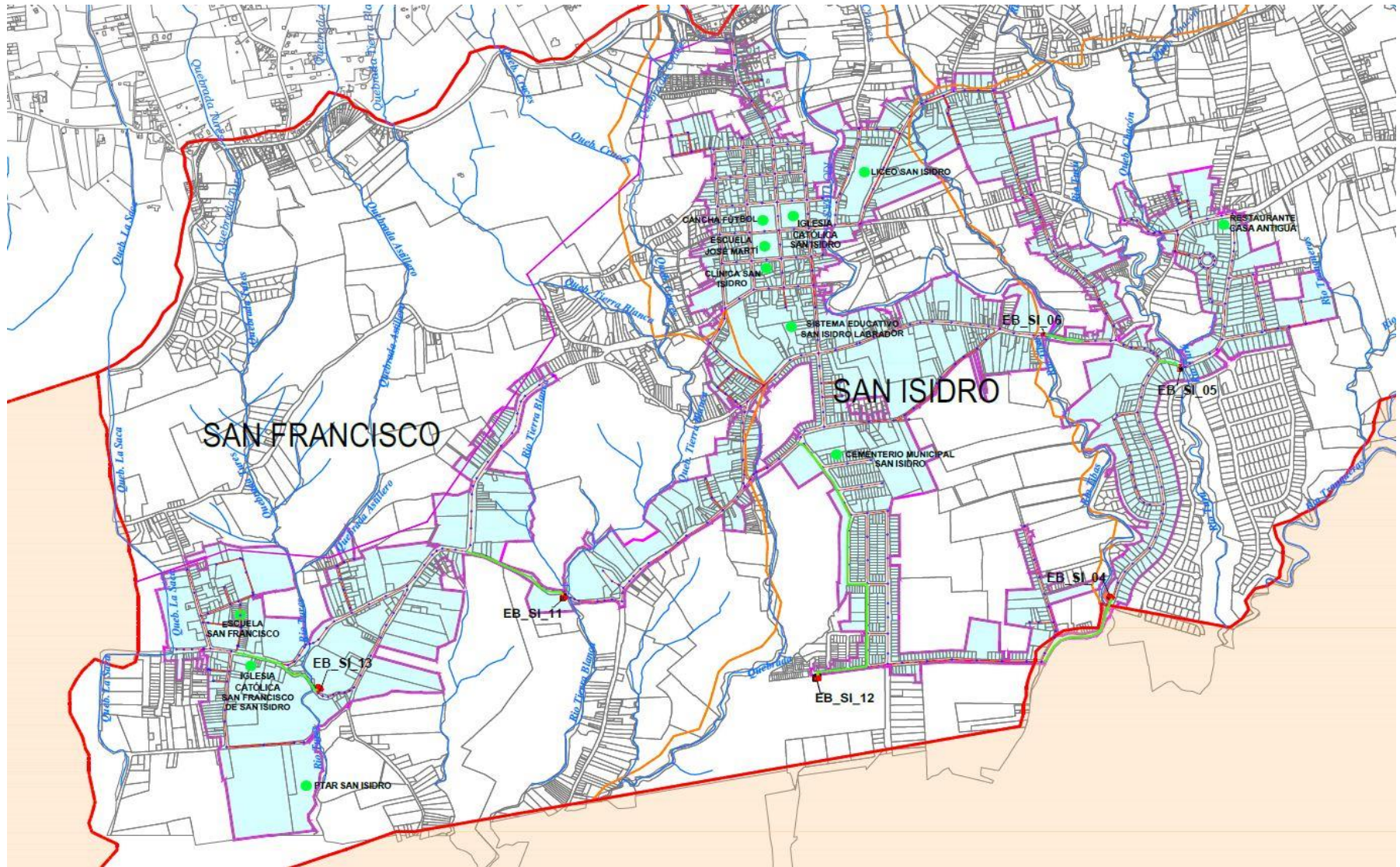


Ilustración 4. Sistema de colectores para la PTAR de San Isidro de Heredia. Fuente: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.

2.3 Marco teórico temporal:

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia es una entidad privada que tiene carácter de ente público y forma parte del sector público descentralizado territorial. La ESPH brinda sus servicios a más de 82,000 clientes en diferentes sectores del público externo como, por ejemplo, residencial, industrial, comercial, municipal, e institucional.

Misión:

“Somos una empresa que brinda servicios de calidad en el sector de agua, energía, saneamiento, infocomunicaciones y otros, que aporta valor y desarrollo a la sociedad mediante la mejora continua de su gestión.”

Visión:

“Ser una empresa competitiva a nivel nacional por los servicios que brinda.”

3. Marco metodológico:

3.1 Paradigma:

La metodología BIM es un modelo por seguir, es un paradigma en la construcción moderna. Se dice que BIM es un desafío para la competitividad de las empresas constructoras. El mercado de la construcción está teniendo un crecimiento acelerado, en conjunto con la tecnología, de manera que se busca la forma de aplicar nuevas herramientas tecnológicas para buscar reducir costos, tiempos y obtener un mejor resultado final.

La modelación BIM es una herramienta donde se puede visualizar una construcción previa a su construcción, con lo que se puede revisar todas las partes de una construcción de una manera integrada con todas sus disciplinas; y así buscar la mejora en los diferentes aspectos de la construcción.

3.2 Enfoque metodológico:

El enfoque que se le dará al proyecto es de una forma cuantitativa, es necesaria la información numérica para la creación de estos modelos de visualización de la obra. Este es un proyecto no experimental, en el cual se va a implementar una metodología con una serie de herramientas digitales para poder crear un modelo integrado con las diferentes disciplinas, estructural, arquitectónico, eléctrico y mecánico.

3.3 Técnicas e instrumentos para recolección de datos:

Para la evaluación del sitio de la futura construcción, se realizará una visita para inspección visual, donde se verifiquen aspectos como estado del terreno, estado del cauce del río y dimensionamiento de la PTAR. Esto para tener una mejor sensación del espacio de lo que se va a realizar en el modelo 3D; que se va a utilizar para la implementación de la metodología.

En el modelaje para el *Building Information Modeling* se requiere de la información de los planos constructivos que realizó la Empresa de Servicios Públicos de Heredia. Estos planos, que son propiedad intelectual de la ESPH, es el insumo principal para poder crear el dibujo en tres dimensiones (Anexo 2)

(Anexo 3). En donde se puedan obtener cortes y vistas de cualquier ángulo del proyecto. Con esta modelación se puede realizar una mejor visualización previo a su construcción.

La forma de aplicar esta metodología de la mejor manera, es por medio de herramientas tecnológicas de avanzada. Se requiere la utilización de una computadora con gran capacidad, donde se puedan correr los diferentes programas para modelación. Se utilizan programas para dibujo como *AutoCad* para planos en 2D, *AutoCad Civil* para diseño de infraestructura, *Revit* para las modelaciones en 3D. A continuación, se detallan los programas por utilizar para la integración de todas las disciplinas en la modelación.

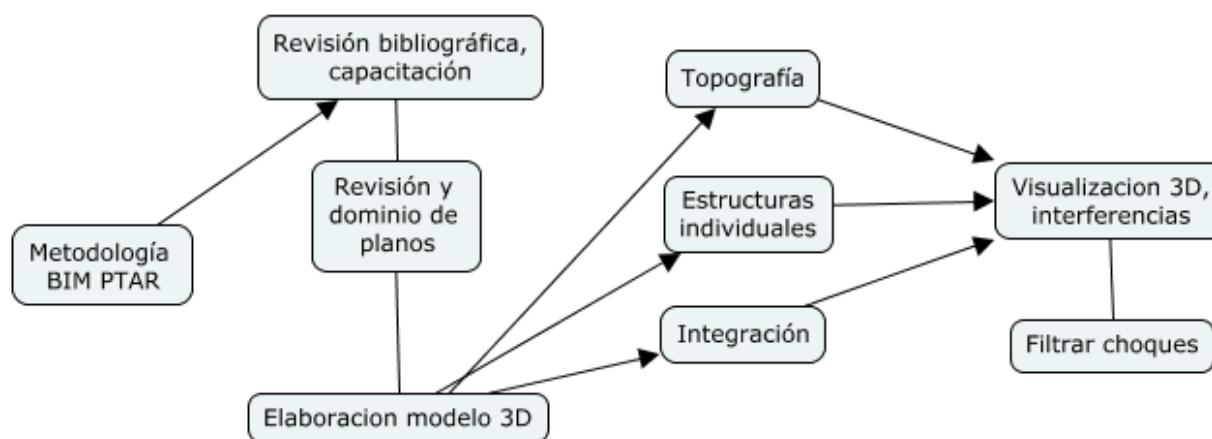


Ilustración 5. Marco metodológico para BIM. Fuente: Propia

AutoCad: es un sistema para dibujo de planos por medio de la asistencia de una computadora, este es utilizado para el dibujo en 2D y modelado en 3D. Este sistema hace posible el dibujo de los planos para un edificio, es utilizado por arquitectos, ingenieros eléctricos, ingenieros mecánicos, diseñadores industriales y otros.

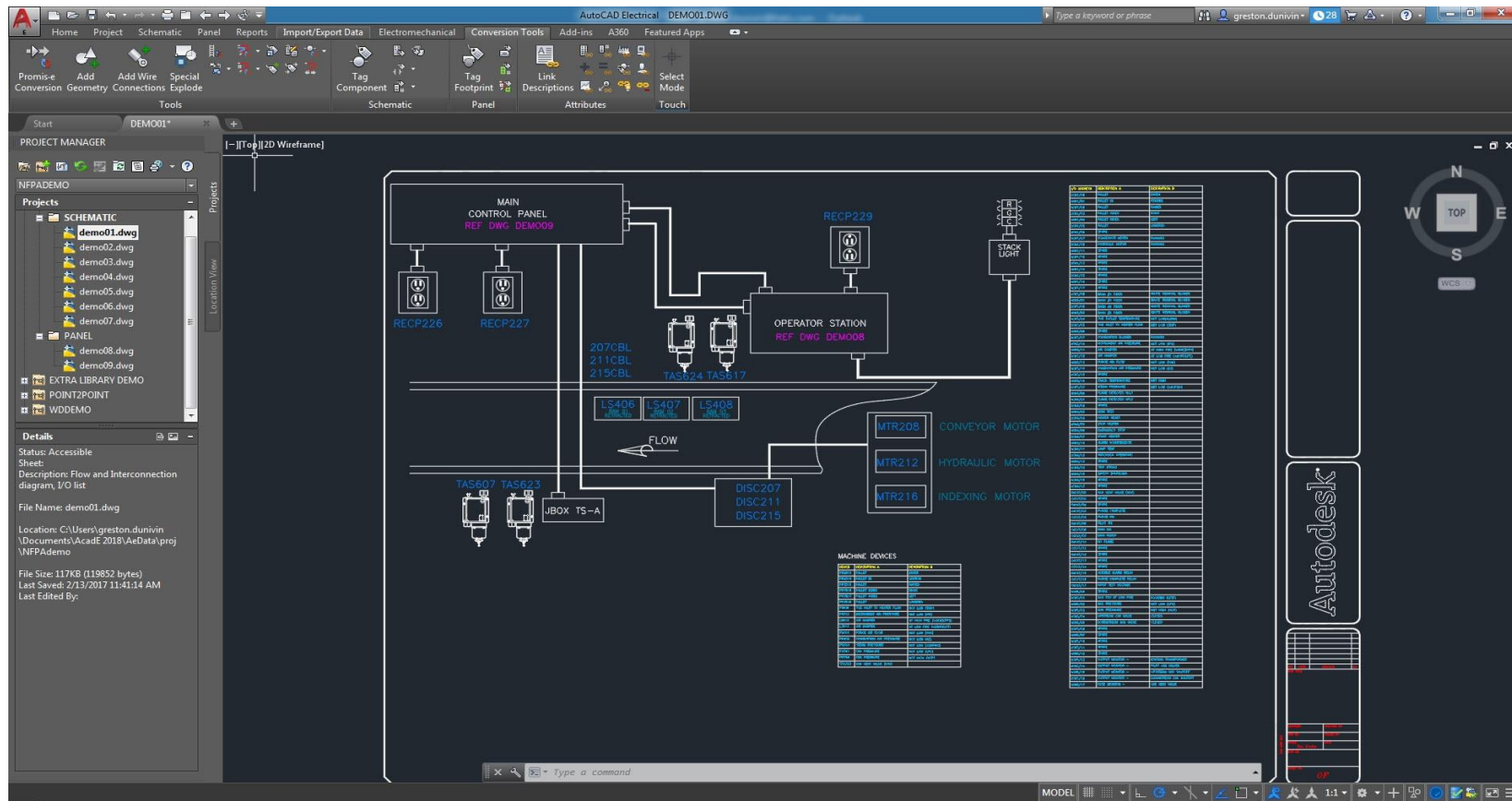


Ilustración 6. Herramienta AutoCad en 2D. Fuente: Autodesk Electrical

Revit: es un *software* que permite diseñar elementos de modelación y dibujo paramétrico. Esta es la herramienta principal o la base de lo que sería el modelo BIM con toda la integración de todas las disciplinas.

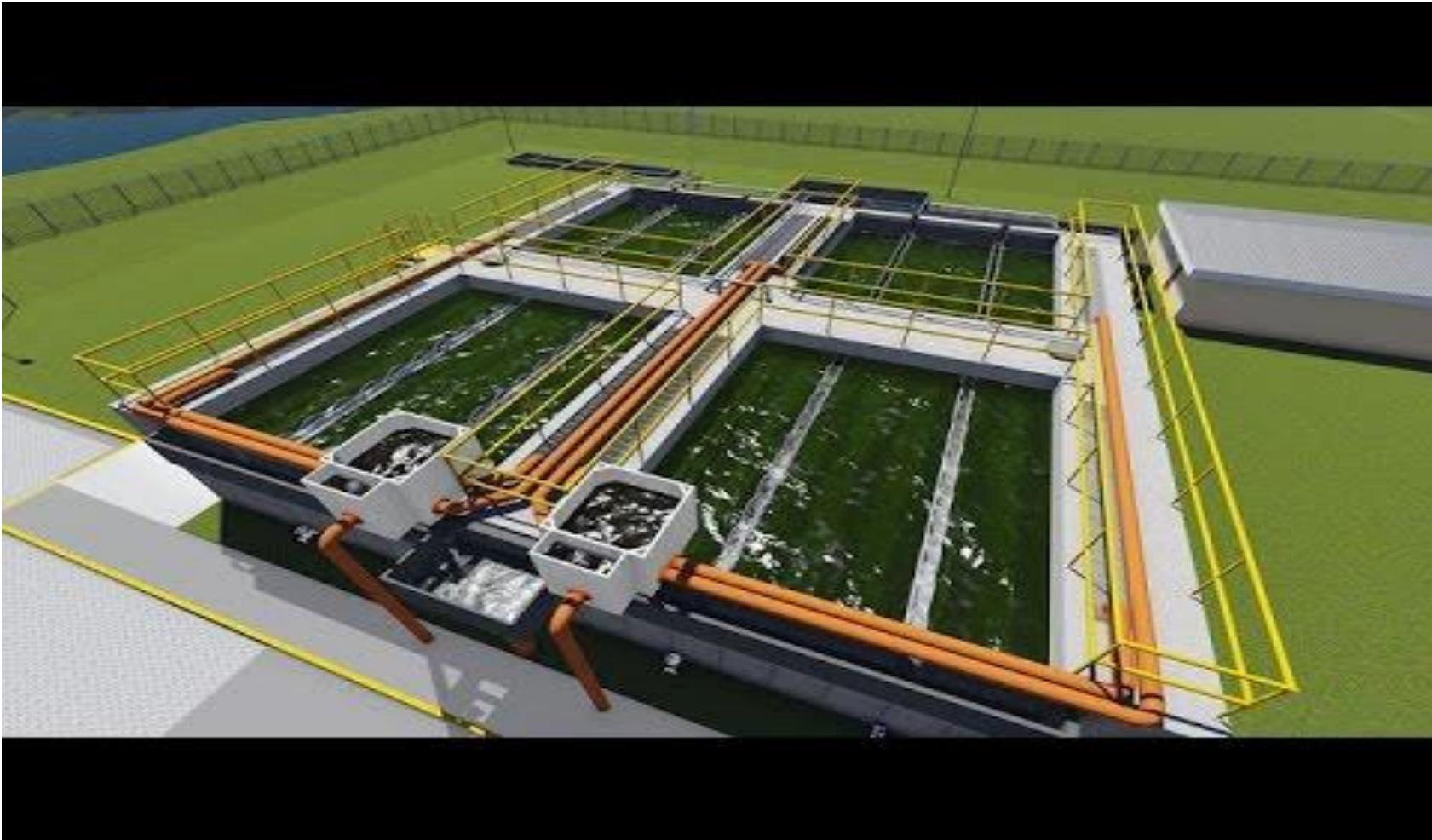


Ilustración 7. Herramienta REVIT en 3D. Fuente: Planta de tratamiento Boaco, Nicaragua.

AutoCad Civil: es una herramienta más enfocada para el trazado y cálculo de diseños de sitios, diseño urbanístico, carreteras, movimiento de tierras, cálculo topográfico, y replanteo de información.

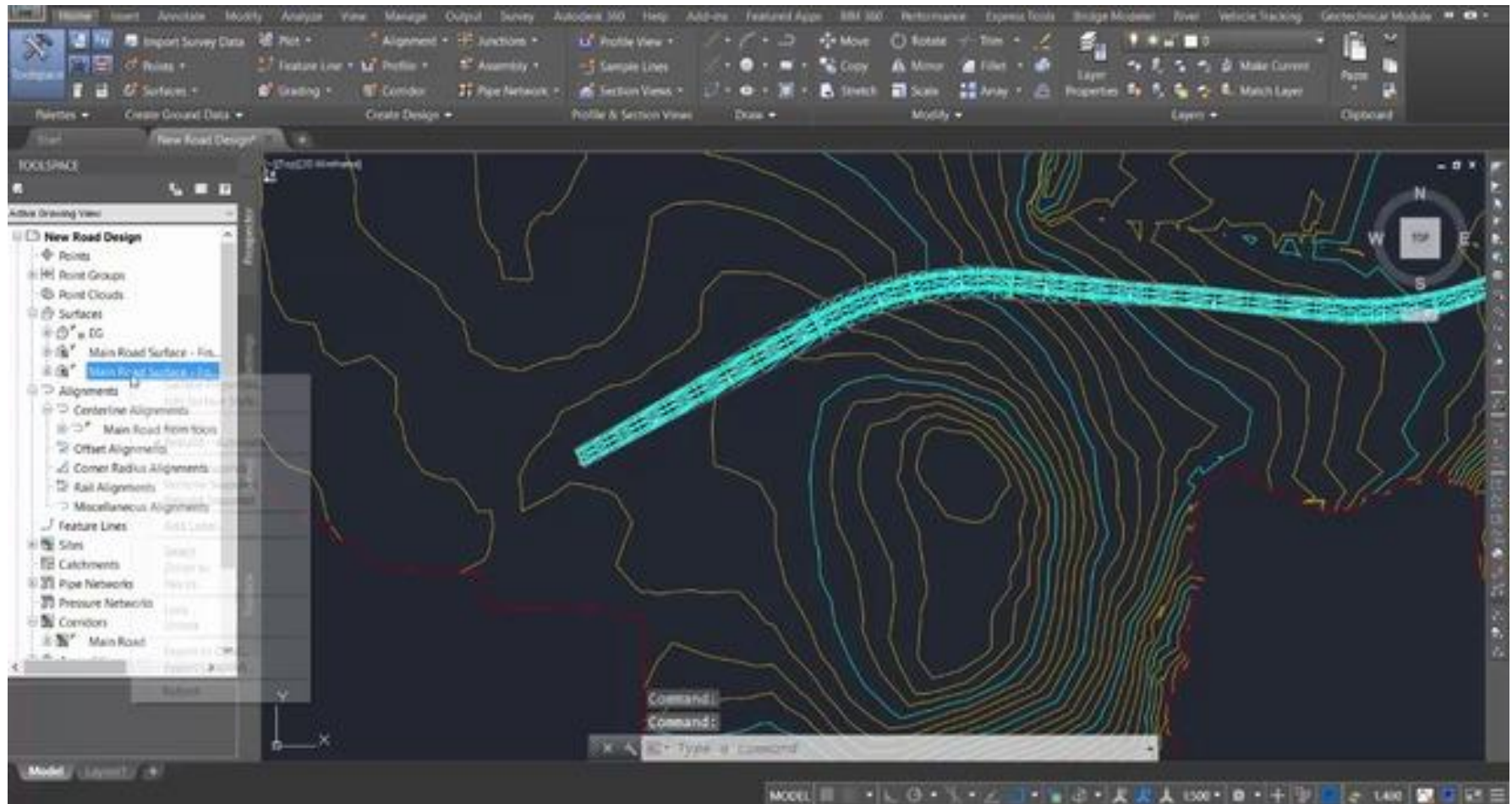


Ilustración 8. AutoCad Civil, curvas de Nivel con infraestructura. Fuente: Cadline Community Blog

4. Análisis de Resultados

4.1 Protocolos y estándares BIM

Para la elaboración de los modelos 3D, se requieren de ciertas especificaciones mínimas por parte de los planos en 2D. A continuación, se enlistarán unas características que son requeridas para llevar los modelos, al más alto nivel de detalle.

4.1.1. Parámetros

- Todos los Parámetros por Tipo y por Instancia, deberán ser asignados a todo el modelo, según corresponda.

4.1.2 Filtro de Fase

- Se utilizarán los Filtros de Fase provistos; en caso de ser necesario, se pueden crear los propios, previa aprobación de la BMO (*BIM Management Office*).

4.1.3 Muros

- Restricciones de nivel piso o cielo referidos a los niveles del proyecto, previamente establecidos. (salvo definición por Proyecto).
- Definición de las características de las caras exteriores en muros exteriores.
- Definición de las características interiores, en los muros en que quede claramente definida esta posición.
- Conexión de las paredes a techo y piso.
- Conexión de paredes en las esquinas (salvo definición por Proyecto).
- Definir puntos de intersección entre paredes que se intersecten.
- Definir en el tipo de pared, si es una pared estructural o si es pared liviana/divisoria.
- Definir revestimientos de muros, según sus características (espesor, tipo, materiales), aplicando parámetros y condiciones de restricción.

4.1.4 Pisos

- Definir en el “*FloorType*” el tipo de piso, si este es estructural, definir parámetros.
- Separar Familias por estructurales, contrapisos y acabados.

4.1.5 Columnas y Vigas

- Referidas a grillas estructurales.
- Justificación y/z para vigas.
- Justificación centrada, lateral y esquinera para columnas y cimentaciones. (en el caso que corresponda).

4.1.6 Techos

- Asociados a muros cuando sea posible.
- Definición tipo de techos y su armadura.

4.1.7 Mecánico, Eléctrico y tuberías

- Si la posición la define el estudio proyectista, tiene que estar en ARQ/EST y debe ser copiada y monitoreada por el resto de los Sistemas; ejemplo de esto lo constituyen los elementos en general, (elementos de fontanería, elementos de iluminación, dispositivos eléctricos, y salidas de aire)
- Los “*Host*” serán asociados a las caras o los diferentes planos de trabajo y NO a Instancias.
- Alturas, niveles y pendientes para los diferentes sistemas.
- Calibre y diámetros
- Tipos de conexión
- Alturas de entrada y salida de las cajas de registro para todos los sistemas.
- Especificación de colores para los diferentes sistemas hidráulicos, ya sean aguas pluviales, aguas negras, aguas de recirculación, agua potable o aguas tratadas.
- Todas las ingenierías tienen que estar asociadas a su correspondiente “Clasificación del sistema”.

- Todas las ingenierías tienen que estar asociadas a su correspondiente “Tipo de sistema”.
- Todas las ingenierías tienen que estar asociadas a su correspondiente Sistema y Nombre.
- Todos los archivos de cada Nivel y Sistema tienen que tener lo antes descrito, coincidente entre todos ellos, para que los criterios de selección y búsqueda (tanto en *Revit* como en *Navisworks*) se puedan asociar a Filtros y a Sets de búsqueda.

4.1.8 Materiales

- Todos los genéricos definidos por categorías, salvo aquellos que tienen materiales específicos.
- Tanto en el caso de ARQ/EST como el de MEP, todos los Tipos e Instancias deberán cumplir con los lineamientos definidos, tanto para el control, cómputo y documentación establecidos en los Entregables.
- Se deben especificar las características de los diferentes materiales para así crearlos en el programa.

4.1.9 Información sobre modelación BIM

4.1.9.1 Ejecución del modelo BIM

-Plataforma de AutoCAD: Matriz de niveles y sistemas, único archivo en cada celda matriz.

-Plataforma Autodesk Revit:

- Modelación: Matriz de niveles y sistemas, único archivo en cada celda.
- Documentación ejecutiva: un master por sistema.
- Coordinación 2D.

4.1.9.2 *Comunicación*

Toda comunicación o coordinación deberá ser a través de *Autodesk Design Review* conforme al manual de trazabilidad de marcas y revisiones. Todas las coordinaciones ya sean presenciales o mediante el modelo de *Autodesk Design Review* deben quedar debidamente documentadas para así ser revisado por las demás disciplinas involucradas.

4.1.9.3 *Calidad*

Todos los modelos BIM se desarrollarán, utilizando únicamente elementos basados en objetos, como columnas, vigas, paredes, puertas, ventanas, etc., junto con su información paramétrica asociada. Esto simplificará los procesos BIM desde el diseño hasta la construcción y las operaciones.

4.1.9.4 *Discrepancias*

Cuando existan conflictos entre el contenido de un modelo BIM y los documentos del contrato, prevalecerá la información que constructivamente sea más viable por tiempo y por su economía. Por lo que cuando se detecte alguna incongruencia, se debe tomar la decisión con los profesionales involucrados y que el BMO (*BIM Management Office*) se encuentre de acuerdo con la decisión.

4.2 Elaboración del modelo BIM/3D

Para el proceso de elaboración del modelo, se utilizaron los planos suministrados en 2D por la ESPH, estos se pueden encontrar en la carpeta de información del Trabajo Final de Graduación.

Se inició por las estructuras o edificaciones de mayor tamaño, estas se modelaron una por una individualmente, para así poder tener un mayor control de los detalles que se debían incluir en cada una de las estructuras. A continuación, se presenta el proceso de modelación de las estructuras principales.

4.2.1 Elementos arquitectónicos

Caseta de Vigilancia:

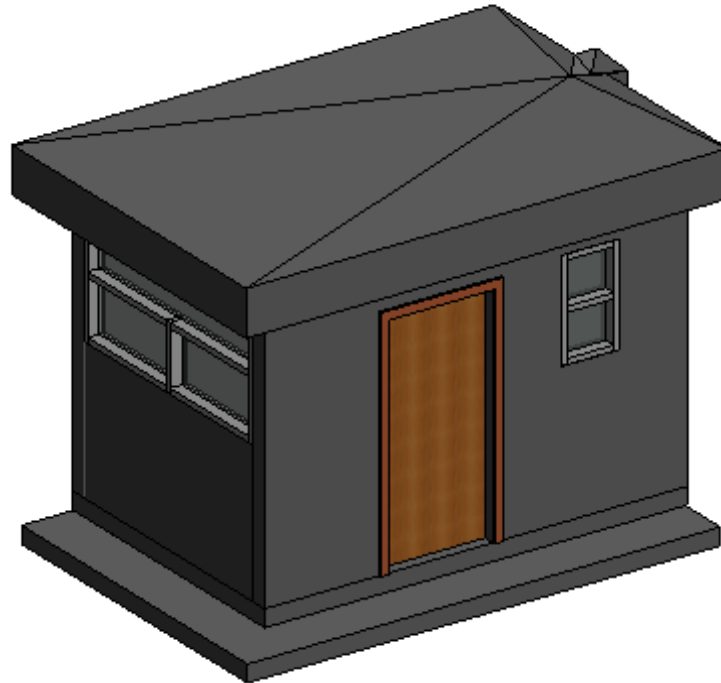


Ilustración 9. Caseta de vigilancia, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

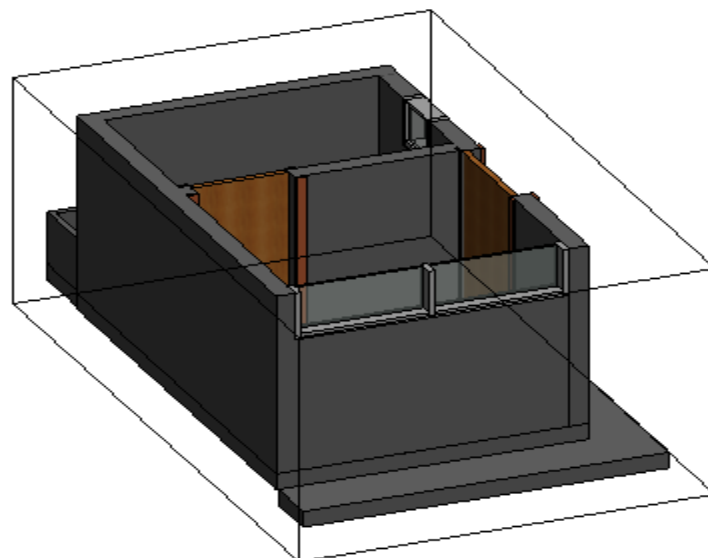


Ilustración 10. Corte interno caseta de vigilancia, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

La caseta de vigilancia mostrada en las ilustraciones 9 y 10 es la primera estructura que se creó, esta se compone de una losa de contra piso y paredes estructurales externas mientras que las paredes internas son livianas, únicamente para la división de las diferentes áreas. En la ilustración 9, se puede apreciar un corte para demarcar las divisiones internas y los elementos arquitectónicos como ventanas y puertas.

Edificio Administrativo:

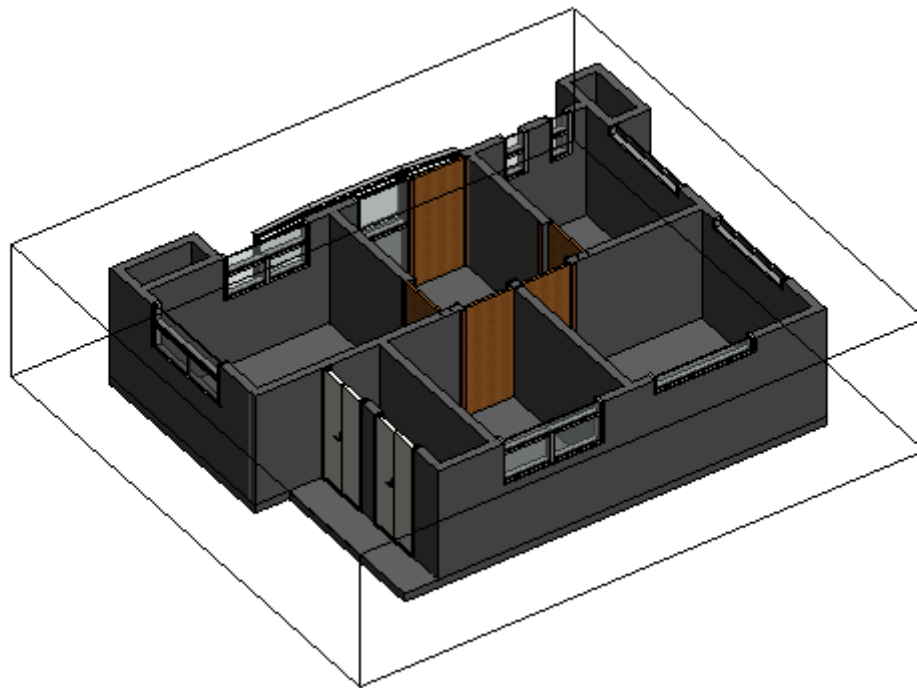


Ilustración 11. Edificio administrativo corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

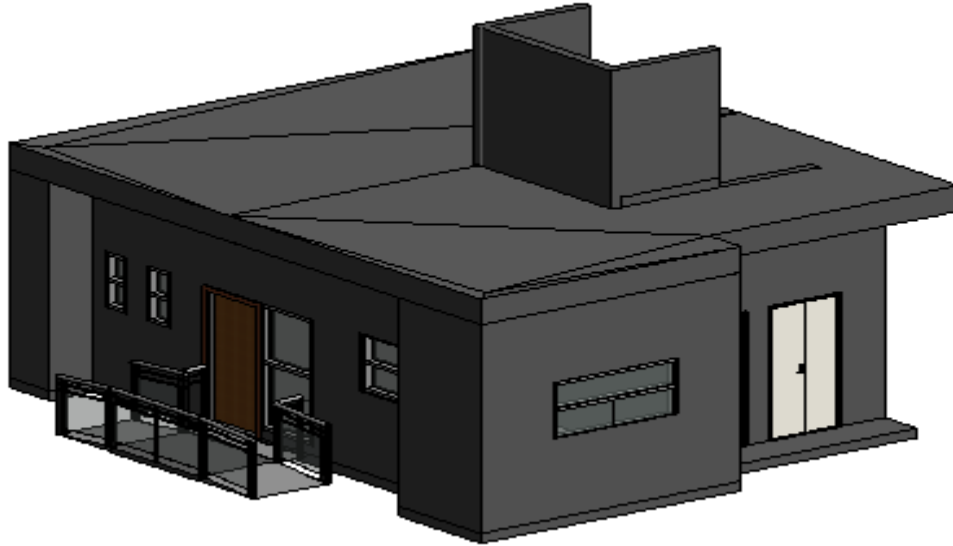


Ilustración 12. Edificio administrativo, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

En las ilustraciones anteriores (11-12) se muestra el interior y el exterior de la oficina administrativa, respectivamente. Se puede observar que internamente se respetaron todas las paredes livianas como también las diferentes áreas de trabajo. Además, se contempló una sección de entre piso como se observa en la ilustración 12, esto es para colocar un tanque de almacenamiento de agua potable.

Comedor:

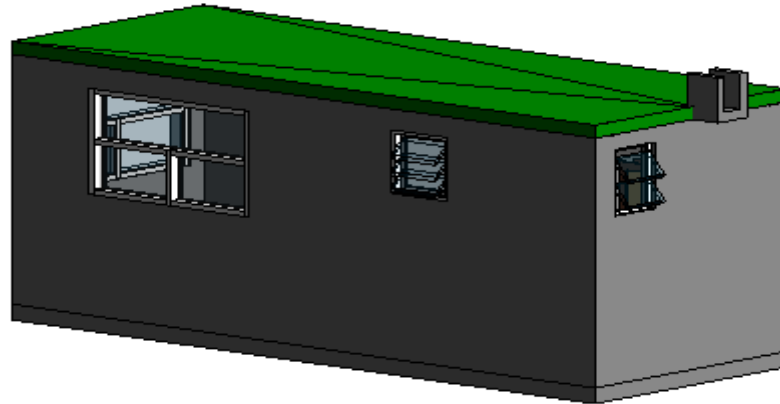


Ilustración 13. Comedor de empleados, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

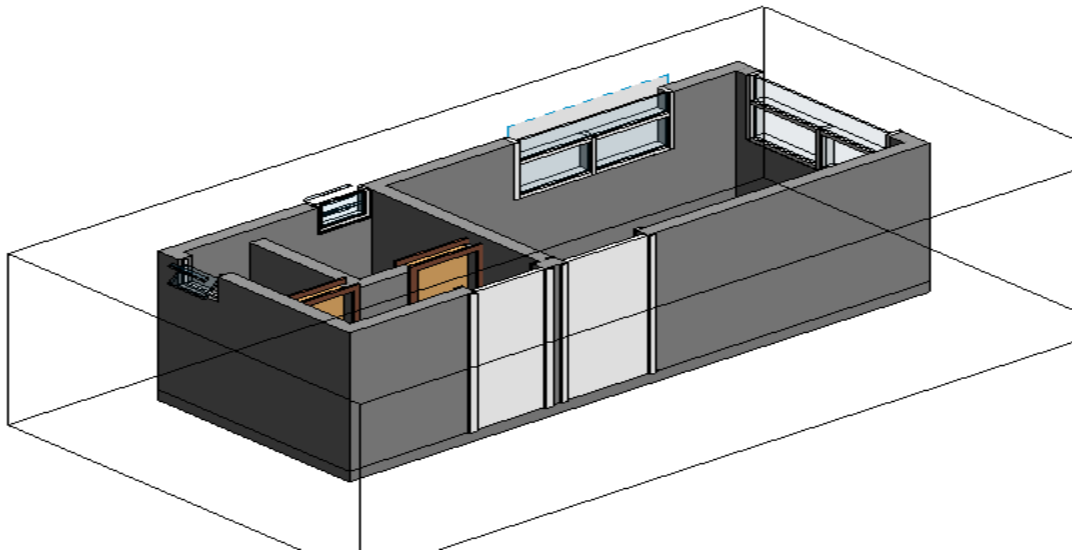


Ilustración 14. Edificio de comedor corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 13 se puede apreciar la estructura del comedor con sus detalles, se puede ver la pendiente en el techo y donde este tiene el espacio para su bajante pluvial. En la ilustración 14, se observa el interior de la estructura de comedor con sus ventanas corredizas para más aire, como también la sección de baños compartidos.

Caseta de subestación:

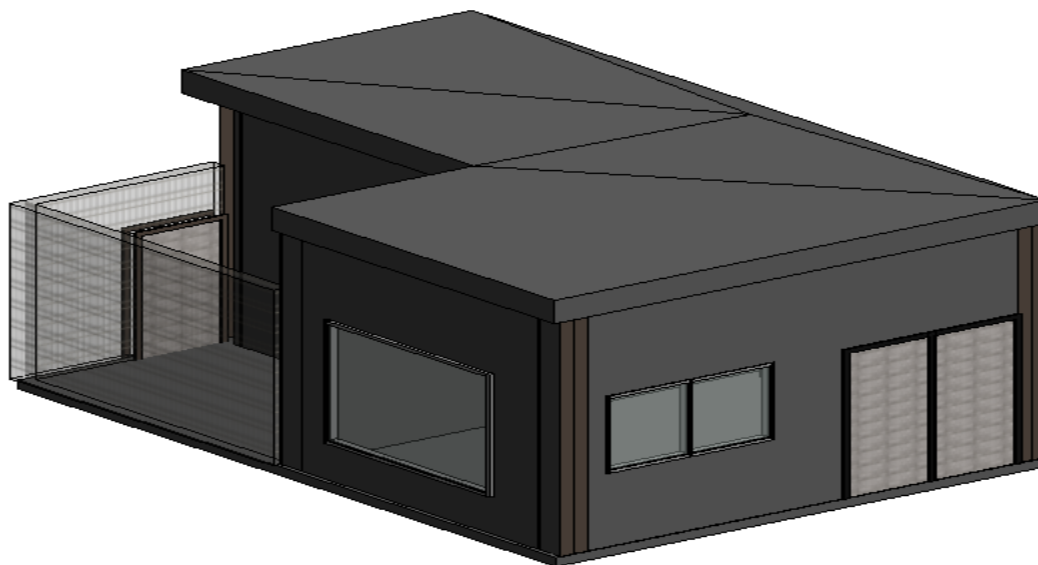


Ilustración 16. Caseta de subestación, modelo 3D Revit. Fuente: propia

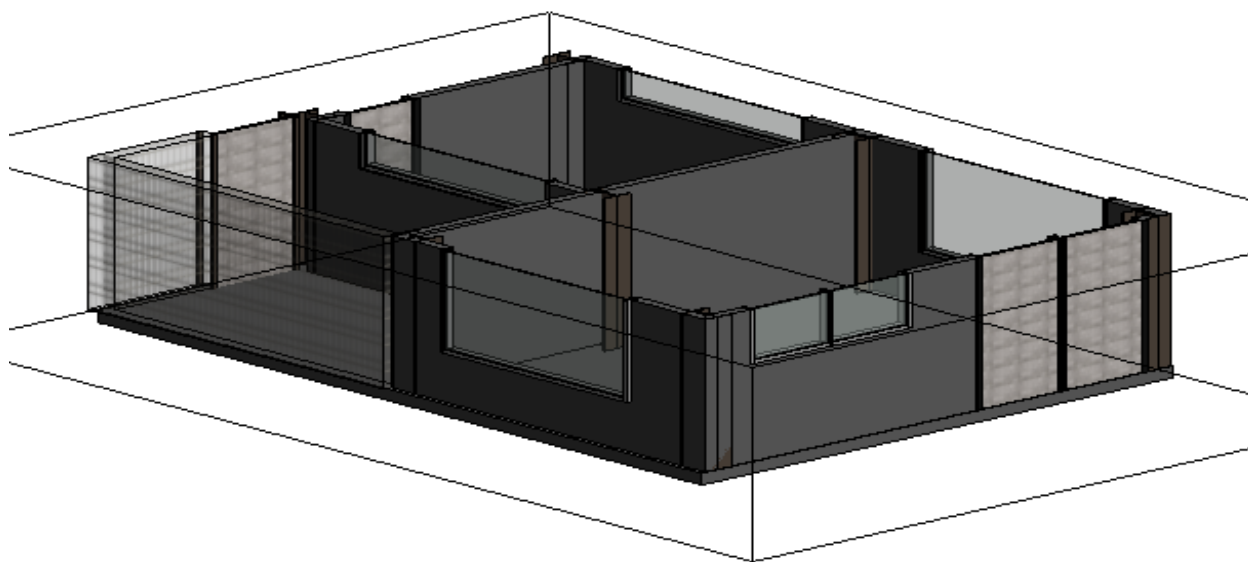


Ilustración 15. Caseta de subestación corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En las ilustraciones anteriores se detalla la caseta de subestación para la planta de tratamiento de aguas residuales, en esta se manejan los sistemas eléctricos del

proyecto. En la sección esquinera con malla ciclón se colocarían los generadores eléctricos, en caso de tener pérdida de energía.

Caseta de sopladores:

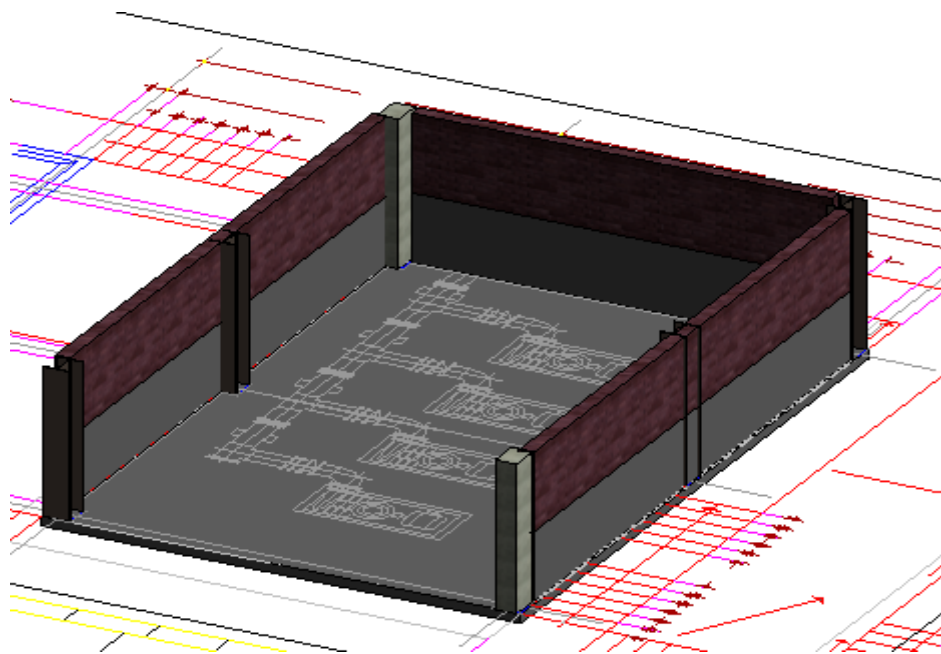


Ilustración 17. Caseta de sopladores corte interno con CAD, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

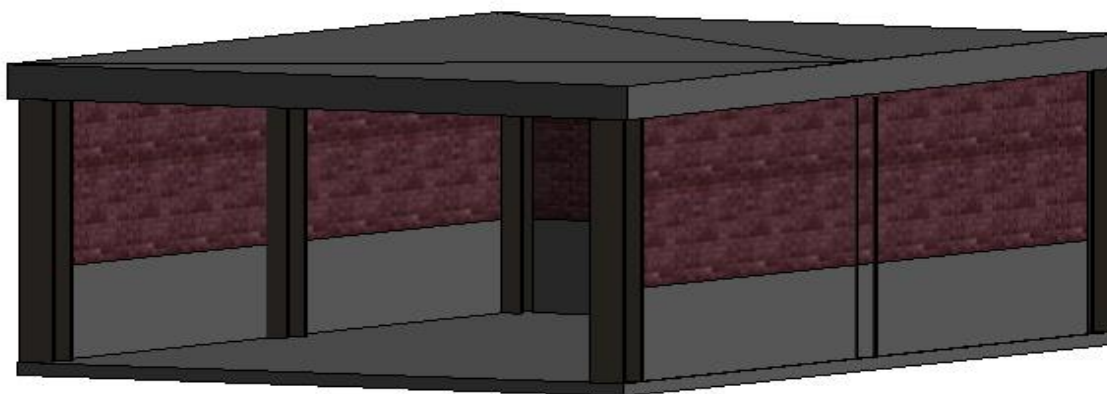


Ilustración 18. Caseta de sopladores, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En las ilustraciones anteriores se muestra la estructura que contiene los sopladores de la planta de tratamiento, en la ilustración 17 se muestra en plano 2D en

Autocad, para demostrar cómo se colocarían las máquinas de los sopladores. En la ilustración 18 se muestra la estructura completa, las paredes tienen una sección de “*block*” y la parte superior de un material liviano con ventilación. Todas las columnas son de perfil metálico como se indican en planos.

Caseta de espesamiento:

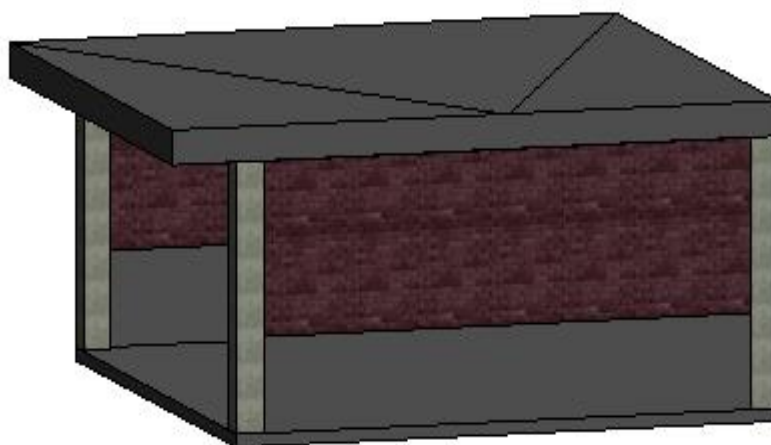


Ilustración 19. Caseta de espesamiento, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 19, se tiene la caseta de espesamiento, esta es una estructura simple que se compone de un contrapiso, columnas, y techo con sus respectivas pendientes para el bajante pluvial. Las paredes se componen de dos materiales para así tener mayor ventilación.

Caseta de filtros-prensa:

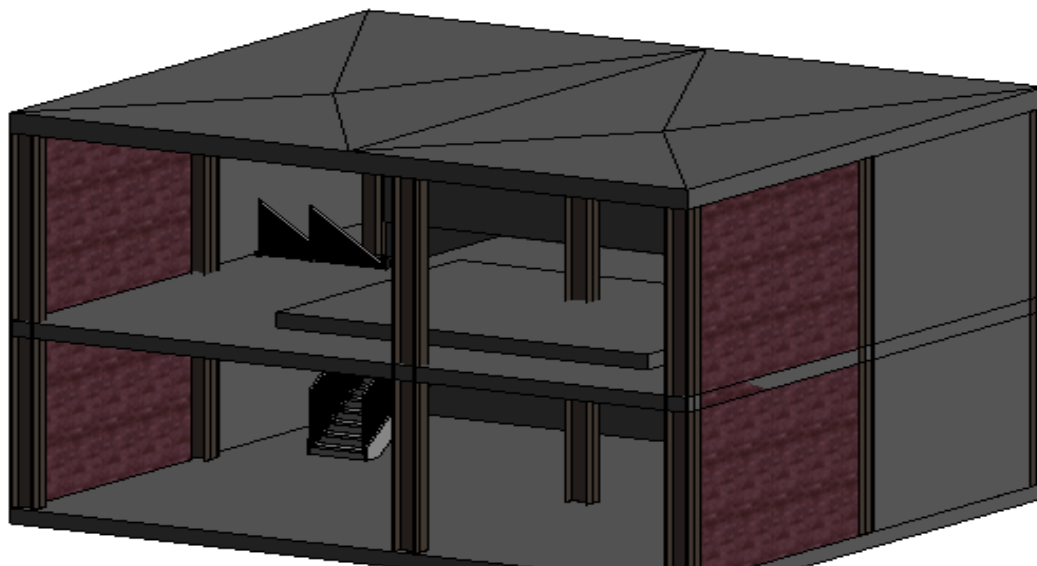


Ilustración 20 . Caseta de Filtros-Prensa, modelo 3D Revit. Fuente: propia

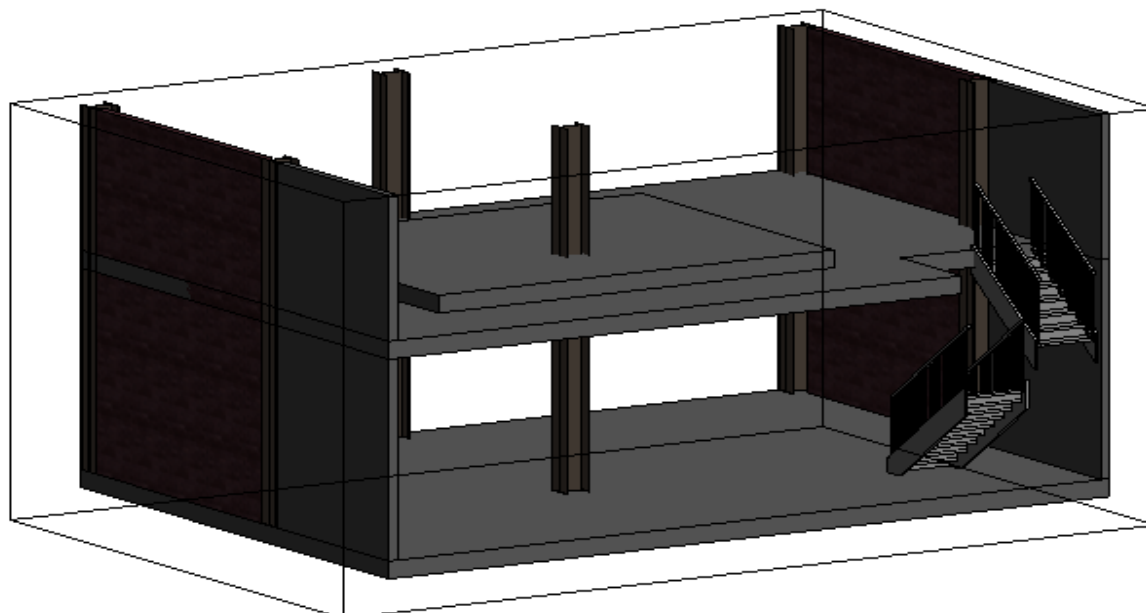


Ilustración 21. Caseta de filtros corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

La estructura anterior (ilustración 20 y 21) es un elemento arquitectónico complejo de la planta, este cuenta con dos niveles para el procesado, en uno se tiene la caseta de

filtros y en el otro la prensa. Esta estructura esta modelada con los niveles indicados, a su vez también se contemplaron las paredes con ventilación y el entrepiso de la estructura.

4.2.2 Elementos arquitectónicos con función mecánica

También se modelaron por aparte, los grandes elementos que son parte del tratamiento de las aguas, como lo son sedimentadores secundarios y el desarenador. Estos elementos son diferentes a las estructuras anteriores, ya que son elementos mecánicos propiamente, estos tienen dentro de sus funciones; el tratamiento del agua por lo que contienen detalle internamente para el tratado de aguas.

Desarenador:

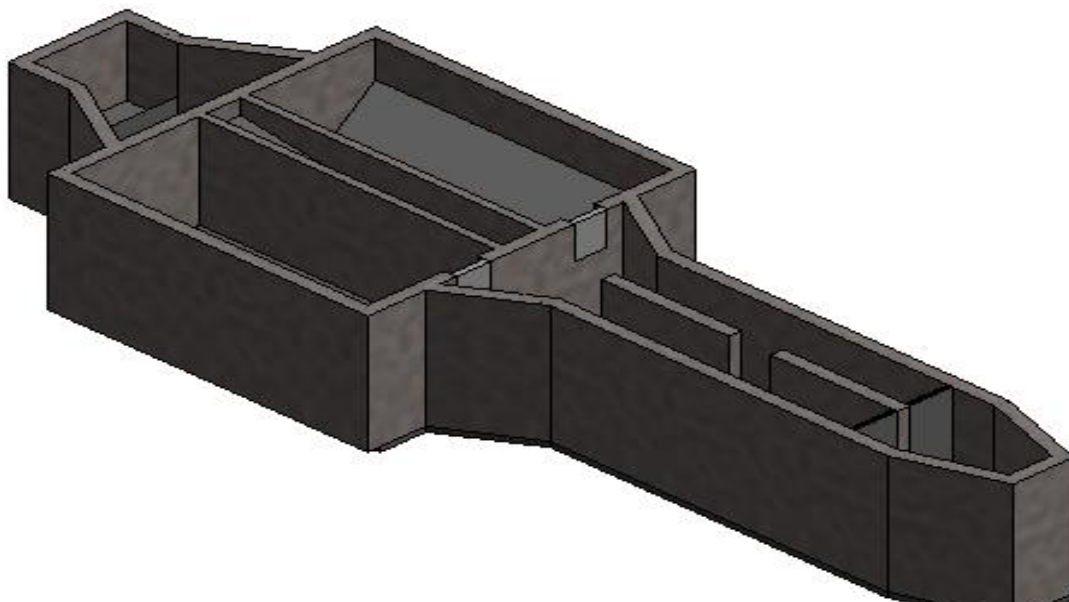


Ilustración 22. Desarenador. Fuente: Modelo 3D Revit

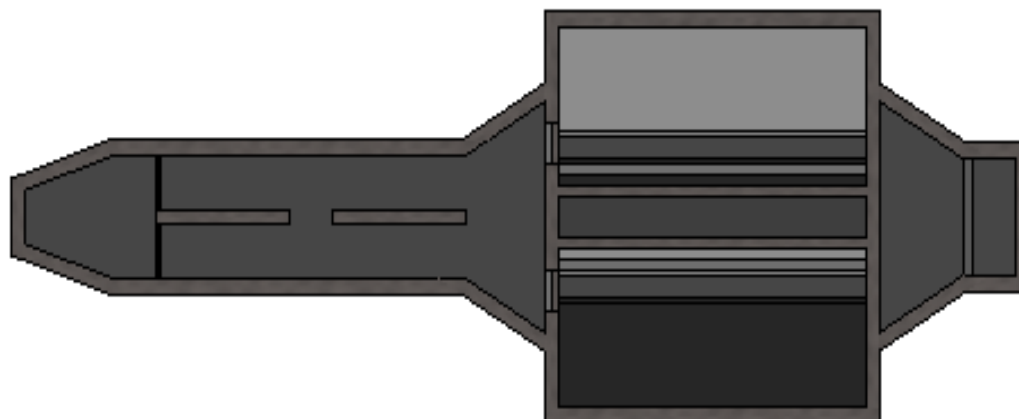


Ilustración 24. Desarenador corte interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En las ilustraciones número 22, 23, y 24 se detalla el desarenador, este es el punto de ingreso hacia el proceso de tratamiento de las aguas dentro de la planta. En estas ilustraciones se muestra la complejidad del elemento, esto para iniciar el proceso de tratamiento. En la ilustración 23 se realizó un corte a media altura, para apreciar los diferentes niveles y secciones que componen el elemento.

Otro de los elementos constructivos que tienen una función mecánica directamente es el sedimentador secundario:

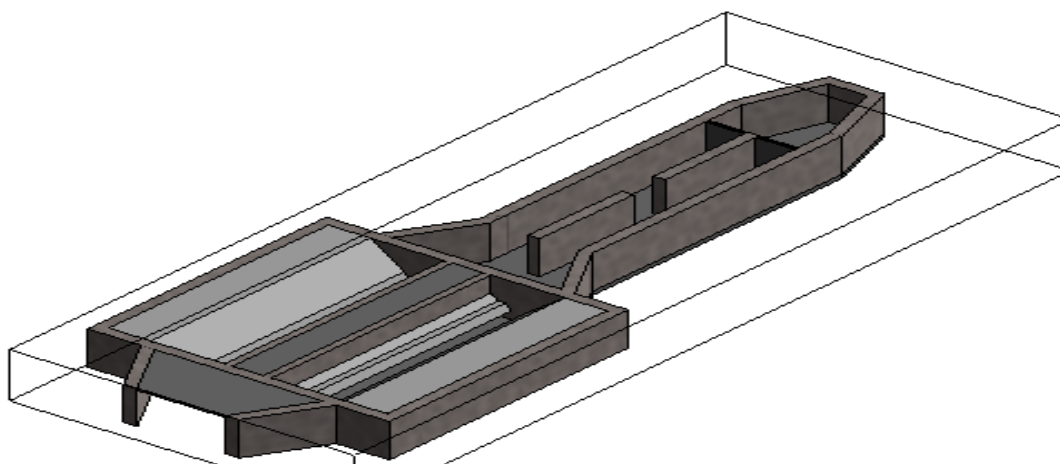


Ilustración 23. Desarenador vista superior, modelo 3D Revit. Fuente: propia

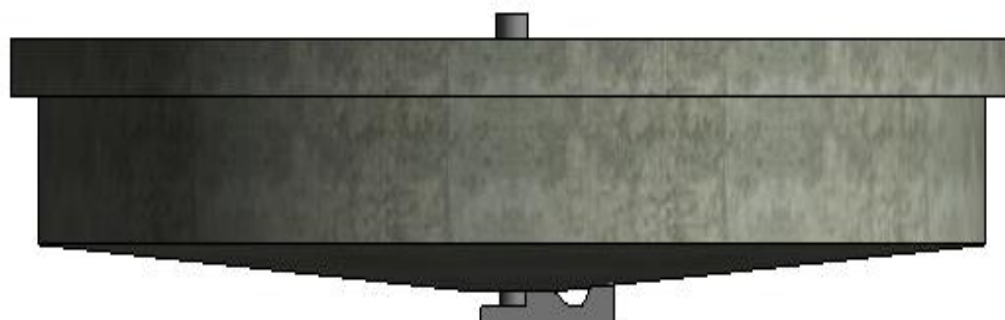


Ilustración 26. Sedimentador secundario vista lateral, modelo 3D Revit. Fuente: propia

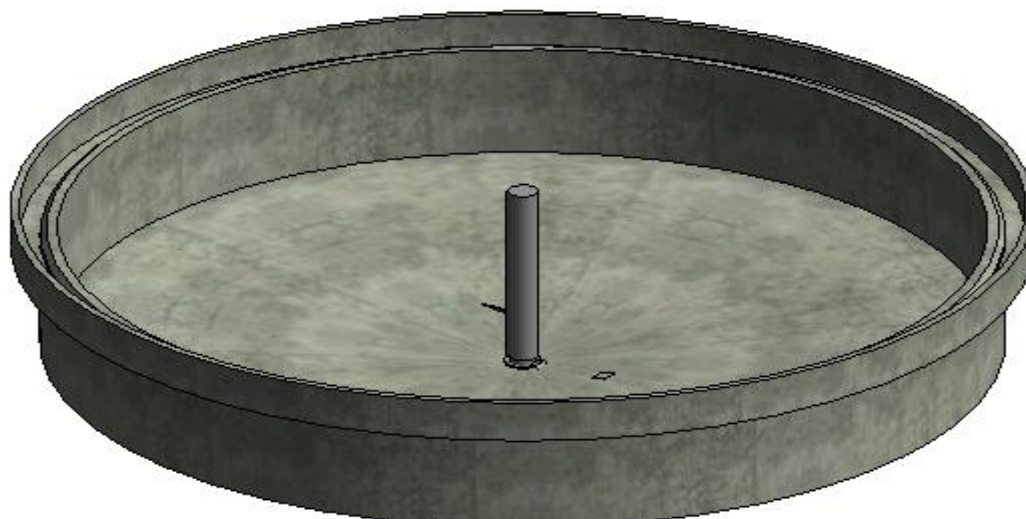


Ilustración 25. Sedimentador secundario, modelo 3D Revit. Fuente: propia

El sedimentador secundario es un elemento con una función mecánica, donde el líquido que está en tratamiento se almacena para que las partículas de mayor tamaño vayan al fondo, y con el sistema que se aprecia en la ilustración 25, este sedimento es retirado. La ilustración 26 muestra la forma circular que tiene este elemento, esto porque el agua tratada se mantiene en constante movimiento circular para así separar las partículas.

4.2.3 Sistemas mecánicos

El sistema de fontanería o sistemas mecánicos son los responsables de transportar y distribuir todas las aguas del proyecto. Este sistema cuenta con tuberías, válvulas, codos, figuras y tanques para mover el agua de un punto a otro y así cumplir con el ciclo. Estos sistemas son críticos para la salud humana, comúnmente estos transportan aguas residuales y potables.

En este modelo, también se incluyeron los sistemas mecánicos, que para esta planta de tratamiento en estudio contemplaba aguas negras, aguas pluviales, aguas de recirculación, aguas tratadas y agua potable. Cada uno de estos sistemas tenía diferentes diámetros de tubería, alturas y niveles, pendientes dependiendo del sistema, y una ruta que debe seguir. En el caso de esta modelación, se crearon dos modelos independientes, uno contenía los sistemas pluviales, aguas negras y aguas de recirculación. A continuación, se muestran los modelos independientes que posteriormente fueron integrados a la planta final.

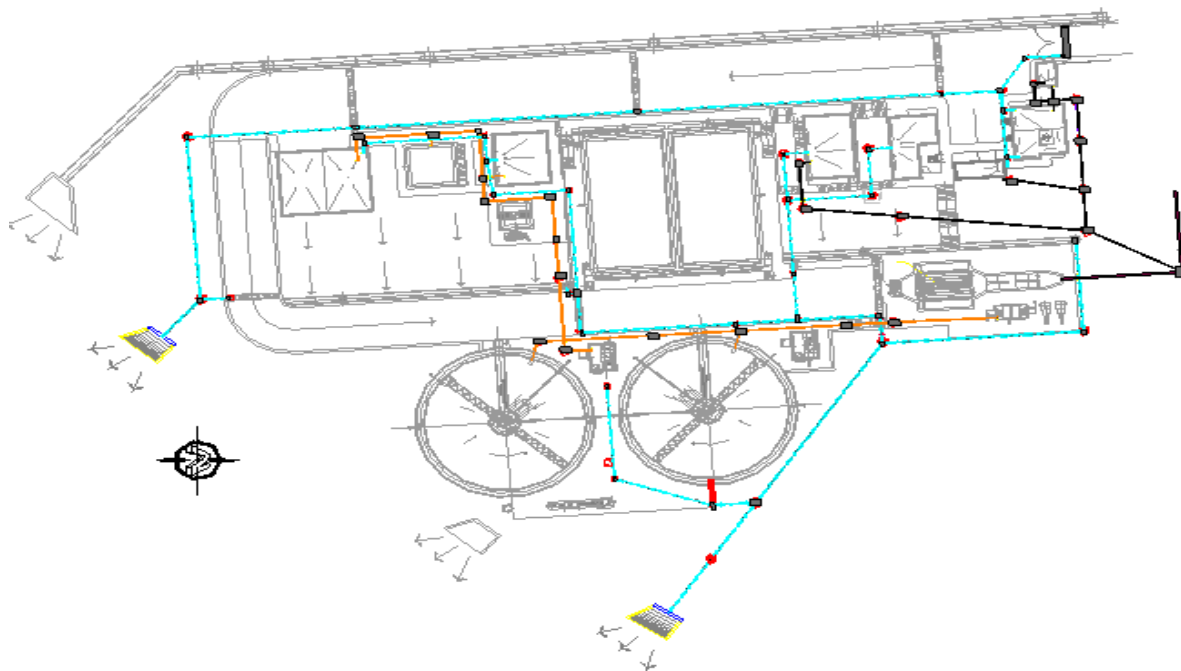


Ilustración 27. Vista superior sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia

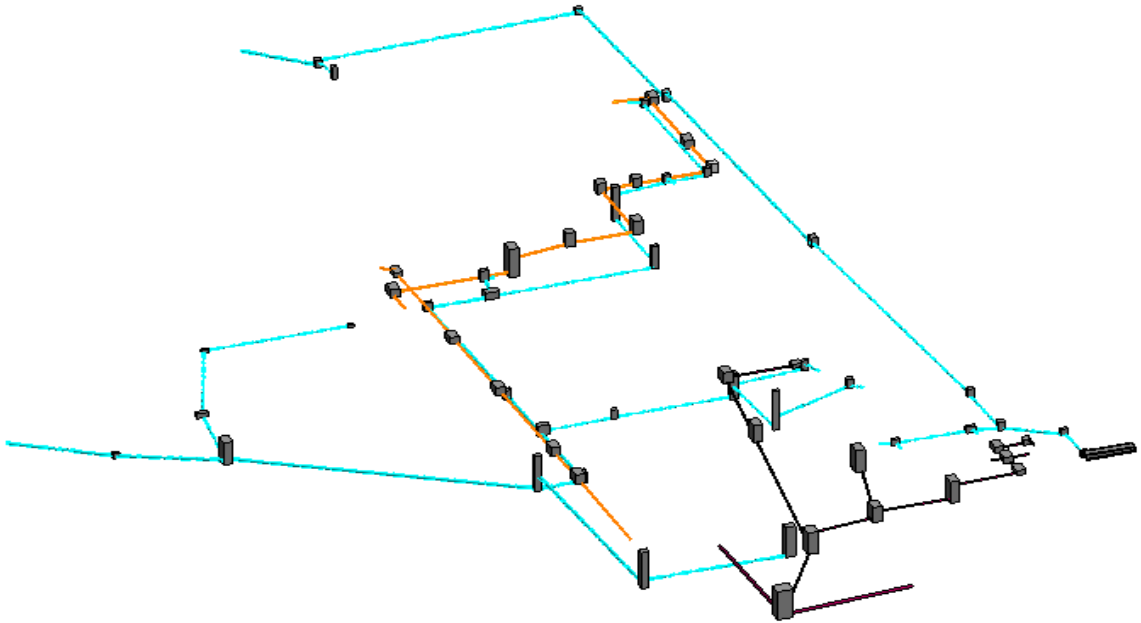


Ilustración 28. Vista superior sistema pluvial, recirculación, y aguas negras con CAD, modelo 3D Revit. Fuente: propia

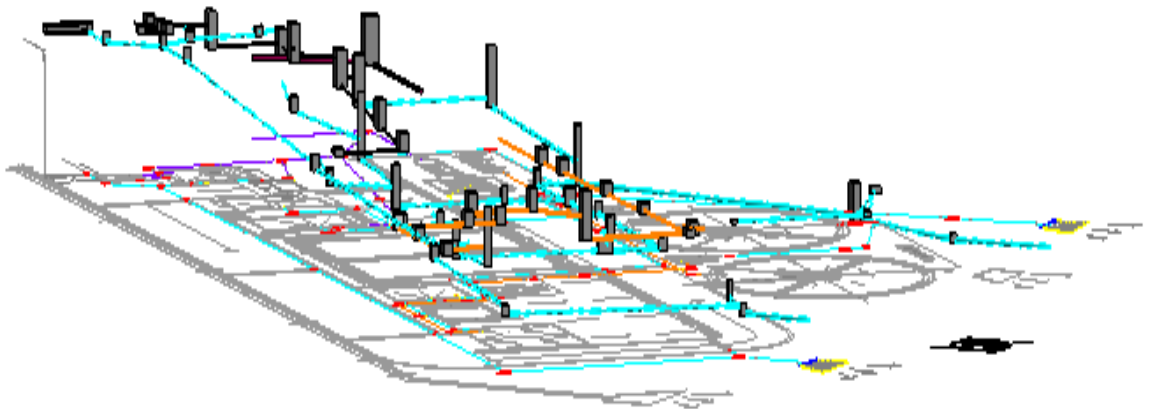


Ilustración 29. Vista lateral, diferencia de niveles, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Los sistemas mecánicos mostrados en las ilustraciones 27, 28, y 29 son el sistema pluvial que se define con el color celeste, este sistema está compuesto por dos secciones de tuberías, recogen el agua llovida de la parte superior y la parte inferior de la planta. También se muestra el sistema de recirculación de aguas en el color naranja, esta tubería trabaja con bombeo. Y por último, se muestra el sistema de recolección de aguas negras, que finalmente se conecta al colector externo en la calle para posteriormente ingresar al proceso de tratamiento.

En el siguiente sistema están modelados el sistema de agua potable y las aguas de recirculación. Estos dos sistemas trabajan con bombeo o presión constante por lo que las pendientes no son el tema delicado, pero sí se deben tomar en cuenta las rutas y las alturas de la tubería para que no se tenga interferencias con los otros sistemas mecánicos y con la obra civil.

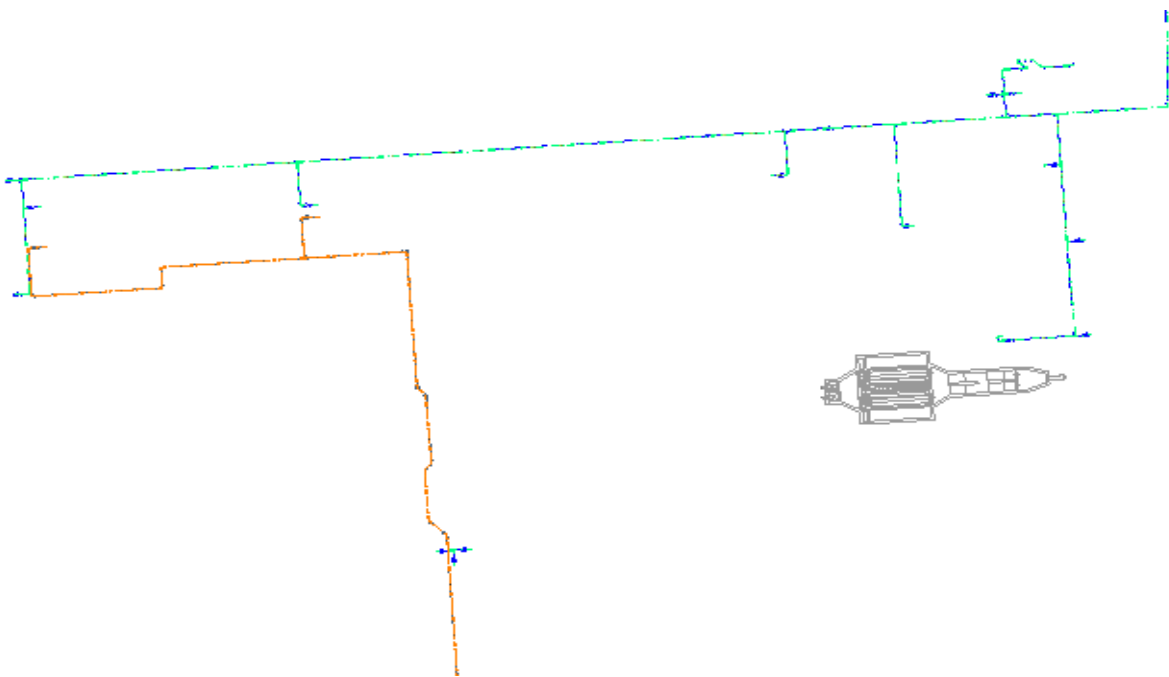


Ilustración 30. Vista superior sistema potable y de aguas tratadas, modelo 3D Revit. Fuente: propia

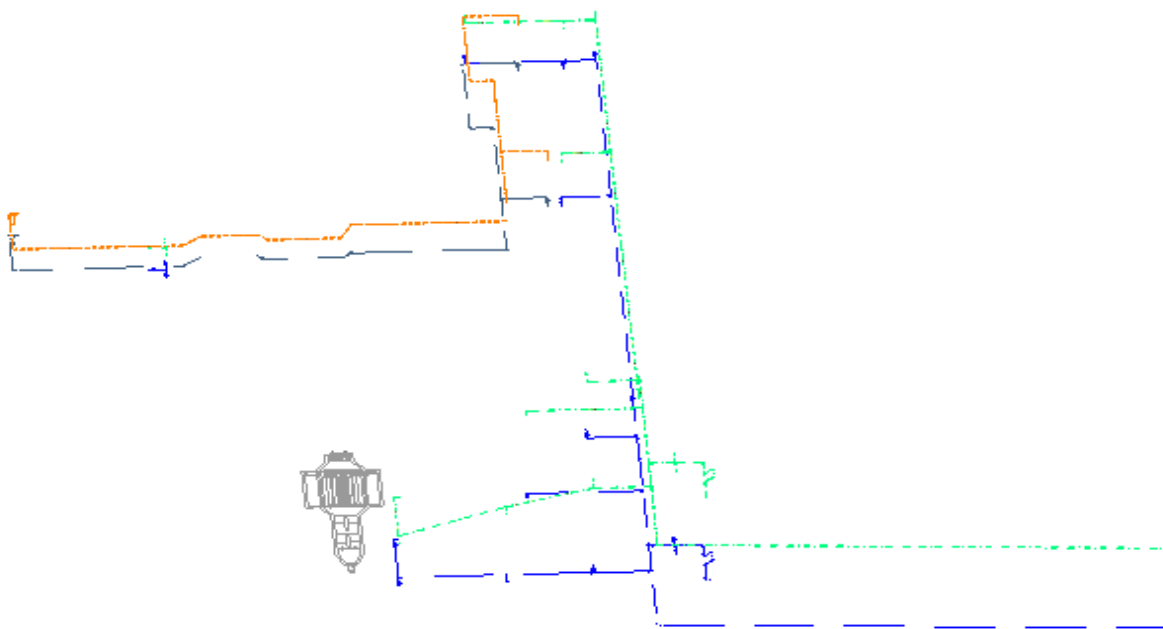


Ilustración 31. Vista lateral de la ruta de los sistemas, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Los sistemas en las ilustraciones (30 y 31) representan el sistema de agua potable en un tono verde, este se trabaja con la presión que entrega el sistema de la ESPH afuera de la propiedad. En el tono anaranjado/amarillo se tiene el sistema de aguas tratadas de la planta de tratamiento, estas aguas llegan al último tanque para después ser entregadas al río.

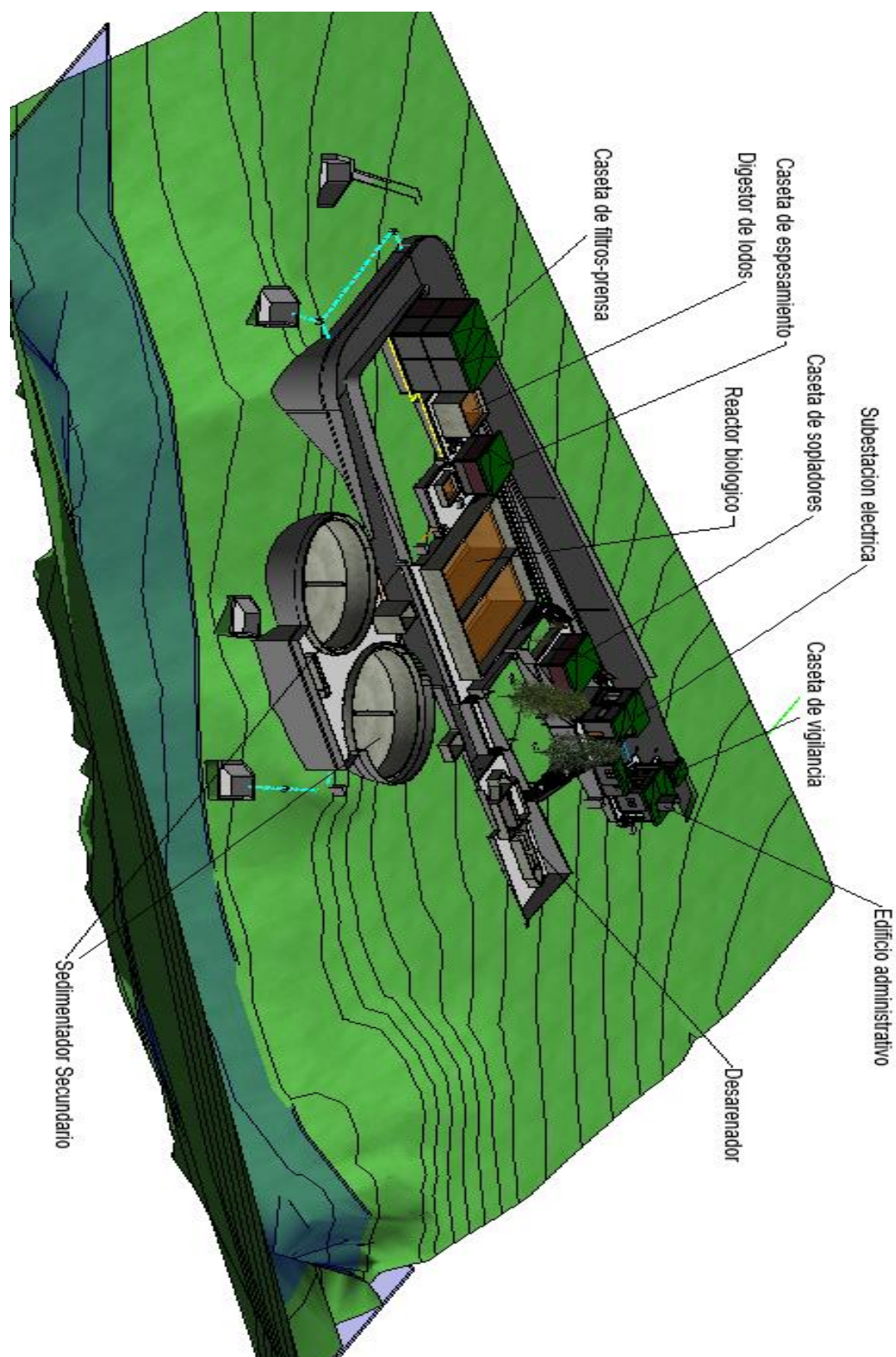


Ilustración 32. Planta completa etiquetada, modelo 3D Revit. Fuente: propia

4.2.4 Modelo 3D integrado

Una vez que se completaron todos los elementos arquitectónicos, se comenzó a trabajar en la topografía del terreno donde se va a construir la planta de tratamiento de aguas residuales. Con la topografía puesta en el lugar, según los puntos brindados se realizaron todos los cortes y rellenos que fueran requeridos para poder realizar calles, aceras, y movimientos de tierra, para poder colocar los elementos arquitectónicos y mecánicos junto con los sistemas de las diferentes aguas. En la ilustración 32 se muestra la planta de tratamiento con todos sus elementos etiquetados. Estos elementos fueron trabajados individualmente para luego integrarlos sobre el mismo sistema.



Ilustración 33. Vista lateral aérea PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 33, se observa la vista lateral de la PTAR, se puede observar el recorrido vehicular, como también los diferentes elementos que componen todo el sistema de tratamiento.

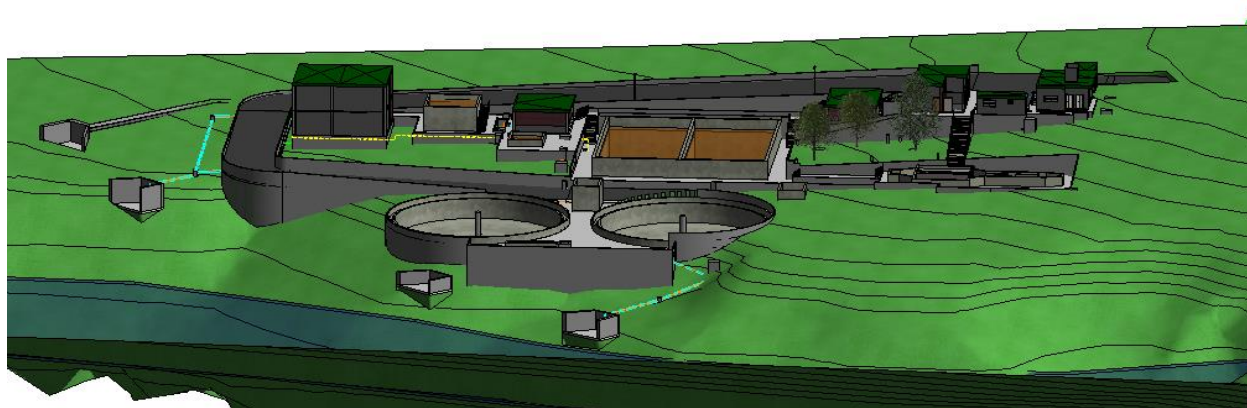


Ilustración 34. Vista frontal PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 34 se detalla la planta completa desde una vista frontal, en esta vista lo que se busca demostrar es la diferencia de alturas entre la parte superior o de ingreso hasta la parte final o del punto de desfogue de las aguas tratadas.



Ilustración 35. Vista trasera PTAR, modelo 3D Revit. Fuente: propia.

En la ilustración anterior (35), se observa la planta desde la parte trasera donde se puede apreciar los sistemas mecánicos viajando por debajo de la PTAR, de esta manera las tuberías quedan protegidas con el nivel de terreno.

4.2.5 Cortes modelo 3D

A continuación, se muestran cortes de diferentes puntos de vista de planta de tratamiento de aguas para así poder observar la integración y la interconexión entre los sistemas y elementos que componen la planta.

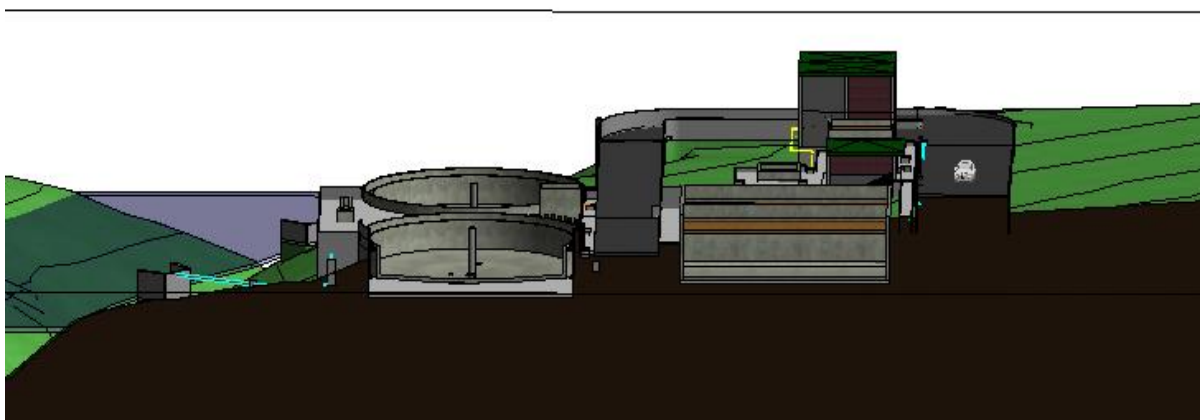


Ilustración 37. Corte transversal norte-sur, modelo 3D Revit. Fuente: propia

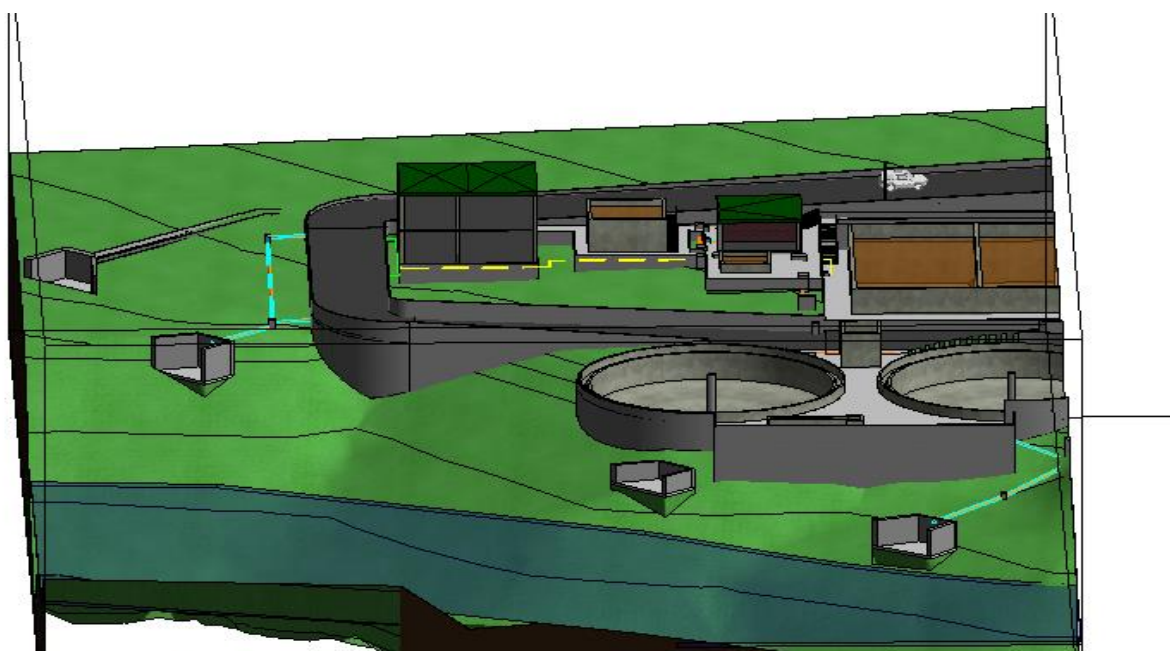


Ilustración 36. Corte norte-sur vista al sector oeste (caseta de filtros), modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 36, se realizó un corte norte-sur con vista hacia el sector oeste de la planta, como se observa en la ilustración 37, en esta se puede apreciar cómo se realizaron los espacios de construcción para los tanques secundarios y para los reactores biológicos, además, se muestra el recorrido vehicular de la parte superior a la inferior.

En este corte (ilustración 38) se pueden apreciar las diferentes estructuras que componen la PTAR, en la zona del reactor biológico se distinguen unas tuberías color celeste que indican la ruta que lleva el sistema pluvial, además, se pueden ver los sistemas de aguas tratadas y de agua potable.

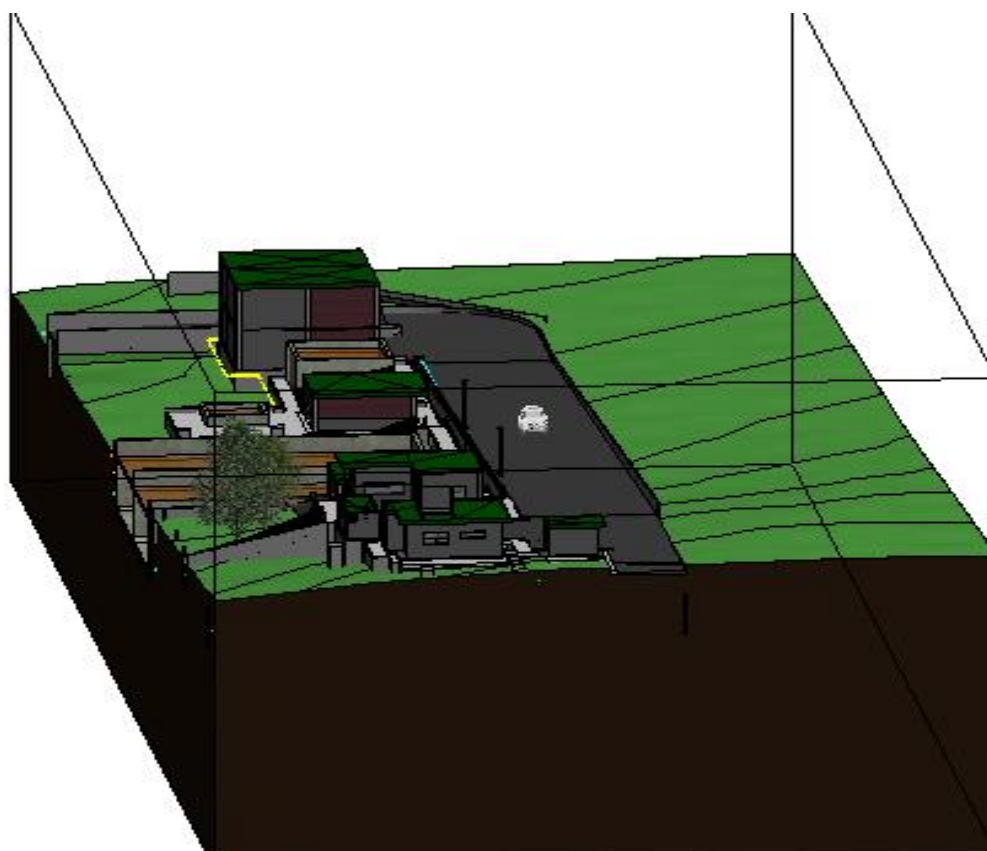


Ilustración 38. Corte este-oeste vista sector norte (oficinas), modelo 3D Revit. Fuente: propia

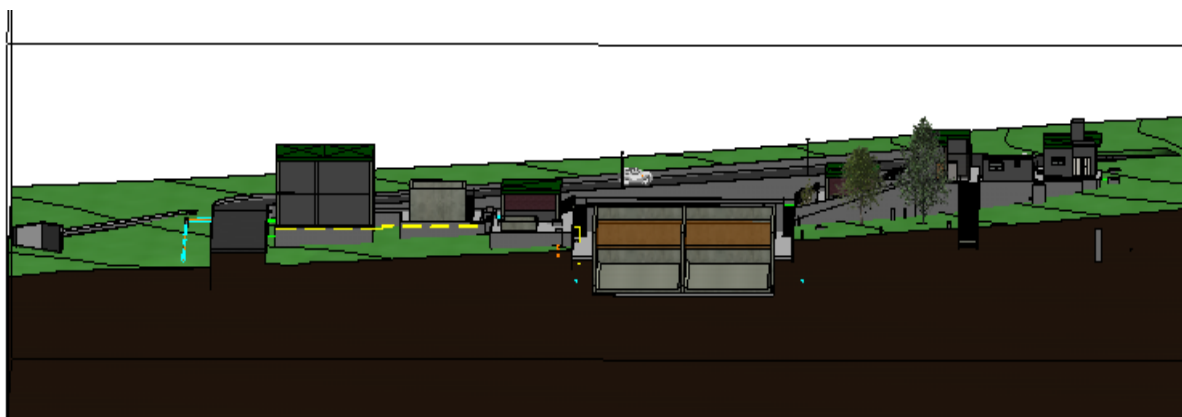


Ilustración 39. Referencia corte este-oeste, modelo 3D Revit. Fuente: propia

La ilustración 39 es una vista aérea para referencia y así distinguir el corte que se muestra en la ilustración 38. En esta se aprecia el ingreso vehicular a la PTAR como también los edificios administrativos y las casetas para el proceso de tratamiento.

4.2.6 Secciones detalladas modelo 3D

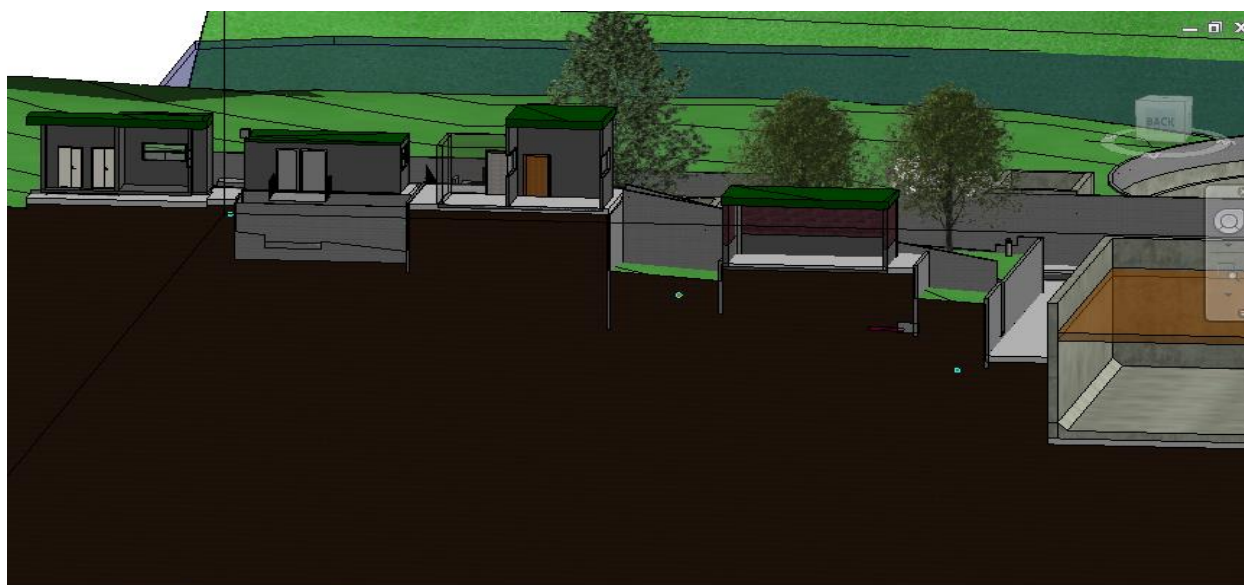


Ilustración 40. Corte detallado de sección administrativa, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración anterior (40) se pueden apreciar los diferentes elementos arquitectónicos que componen la zona “administrativa” y además se logran observar algunos de los sistemas pluviales y de aguas negras que pasan por esa zona.

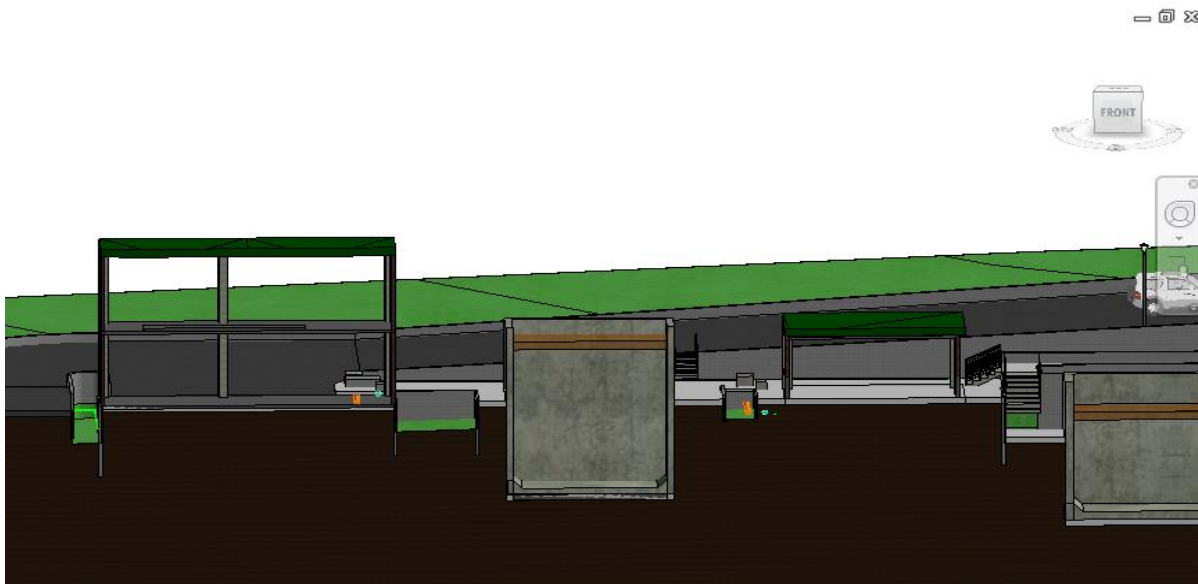


Ilustración 41. Corte detallado sección caseta de filtros prensa, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En este detalle se pueden observar algunos de los sistemas mecánicos involucrados, pero cabe destacar el detalle del fondo de los tanques, estos se realizan para evitar la concentración de sedimentos en las esquinas.

4.2.7 Integración de disciplinas

Lo siguiente persigue mostrar la planta de tratamiento de aguas residuales de una manera integral, donde se puedan observar las relaciones entre todas las disciplinas y los diferentes sistemas en el mismo modelo. De esta manera se podrán ver las diferencias en altura, pendientes y las rutas trazadas por cada sistema para evitar los conflictos entre elementos.

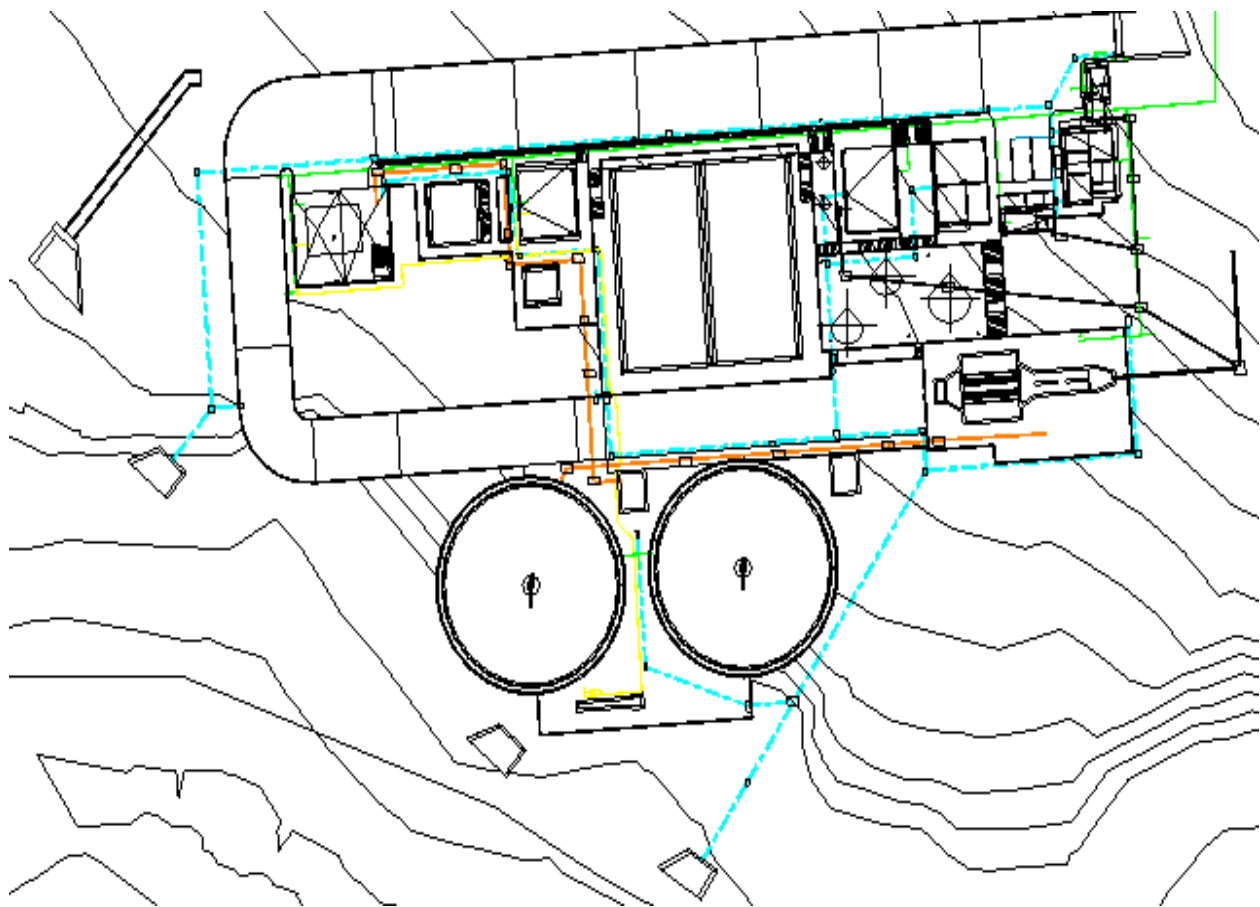


Ilustración 42. Vista superior sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Ilustración 42, se muestra una vista superior del modelo en 3D utilizando la aplicación de transparencia para así demostrar la integración de las disciplinas en un mismo modelo. Con esta modalidad se pueden ver todas las rutas y direcciones que toman los diferentes sistemas mecánicos. Cada uno de los sistemas mecánicos están demarcados con diferentes colores de la siguiente manera:

Pluviales: azul/celeste

Potable: verde

Aguas negras: morado oscuro

Aguas de recirculación: naranja

Aguas tratadas: amarillo

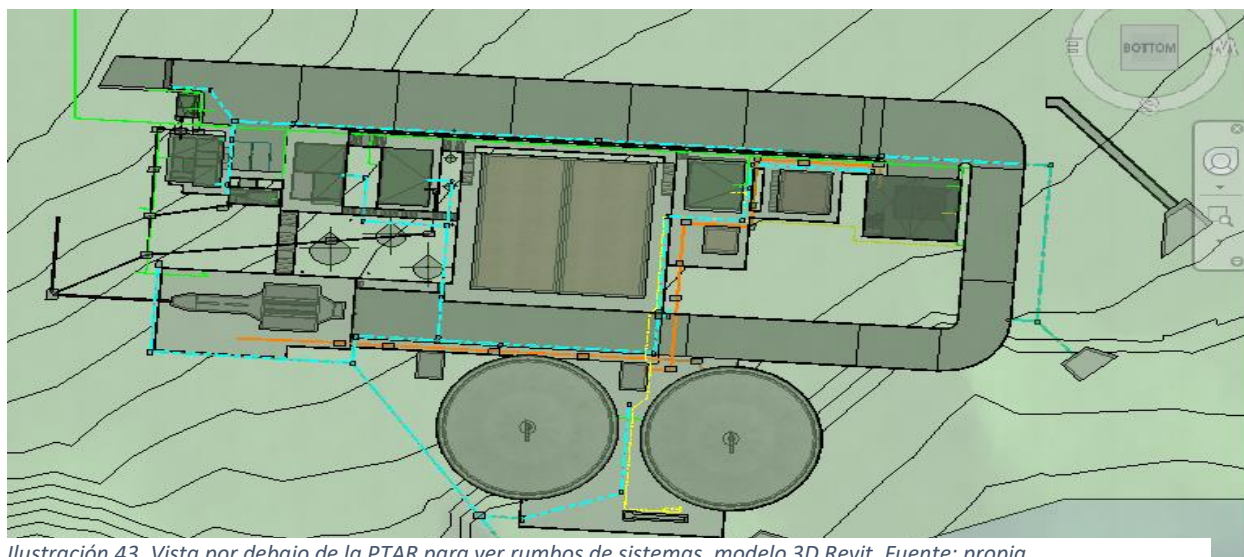


Ilustración 43. Vista por debajo de la PTAR para ver rumbos de sistemas, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 43 se muestra una forma distinta de ver un proyecto, en esta ilustración se puede observar la PTAR desde abajo, de esta manera se ven los rumbos que toman los sistemas mecánicos y de qué manera están distribuidos para evitar interferencias si tienen o pasan por el mismo nivel. En la siguiente ilustración, número 44, se observa el detalle de rumbos y alturas que tienen los sistemas pluviales, aguas negras y potables en la zona administrativa.

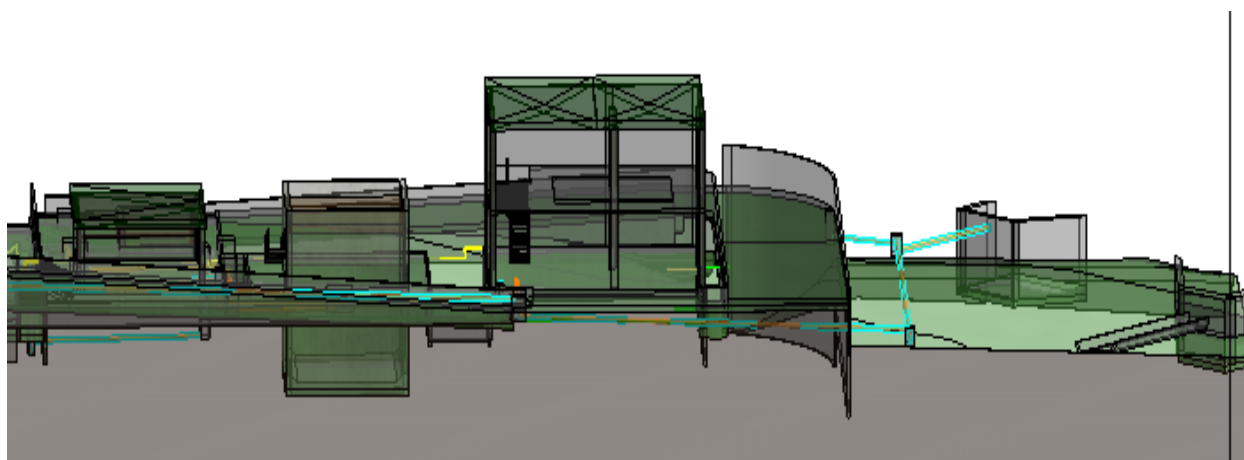


Ilustración 44. Detalle de niveles en caseta de filtros, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 44 se observa el detalle del rumbo de las tuberías de los sistemas pluviales (celeste), potable (verde), de recirculación (anaranjado), y de aguas agua tratada (amarillo). En la ilustración 45, se muestra cómo estas tuberías tienen diferentes niveles con respecto al nivel de piso, para así no caer en interferencias al igual que en la ilustración 46.

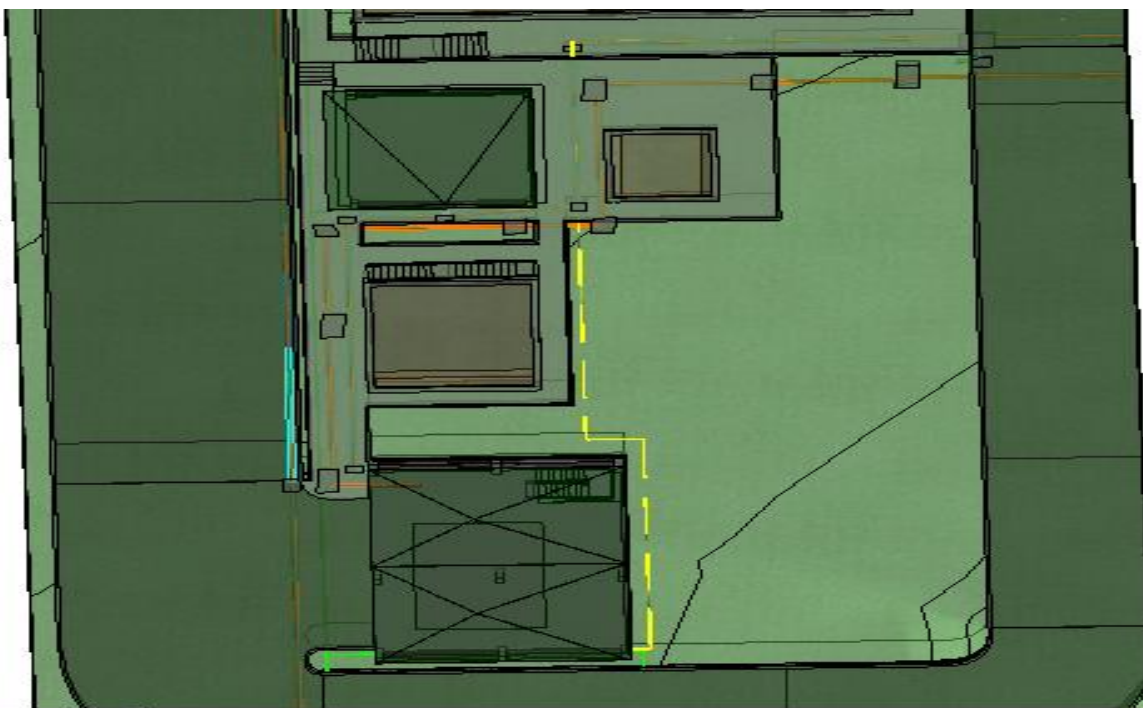


Ilustración 46. Detalle de tuberías en caseta de filtros, modelo 3D Revit. Fuente: propia

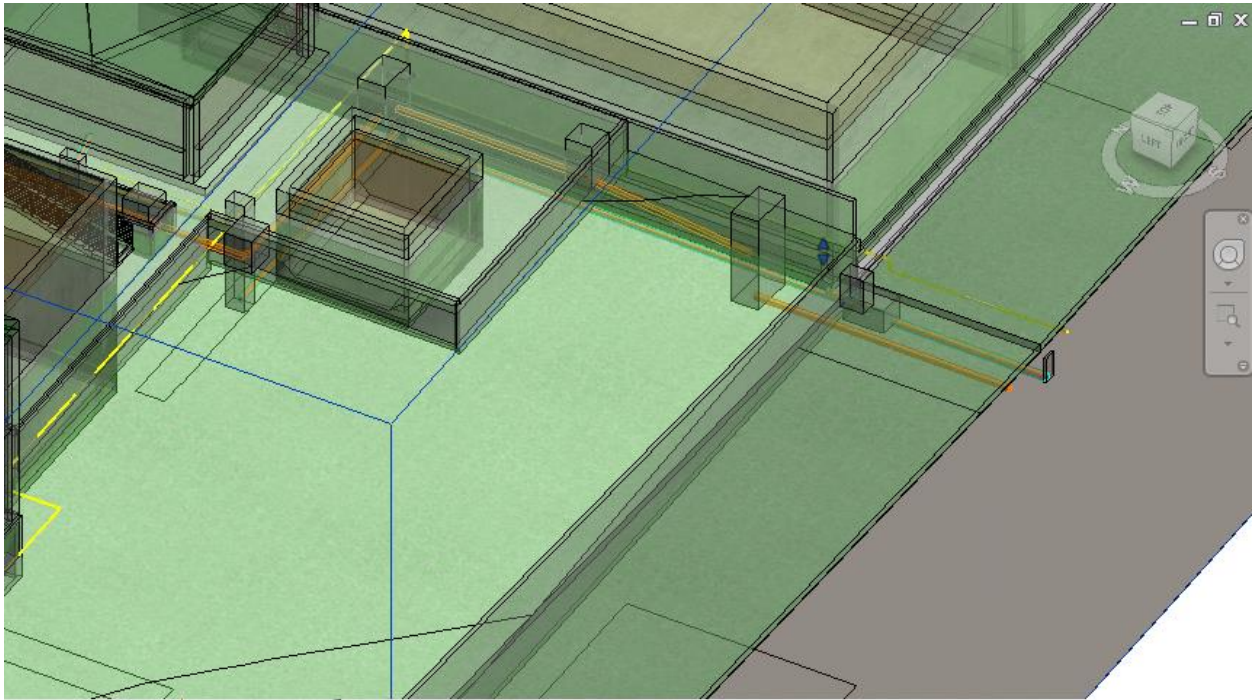


Ilustración 48. Detalle cruce de calle de tuberías, modelo 3D Revit. Fuente: propia

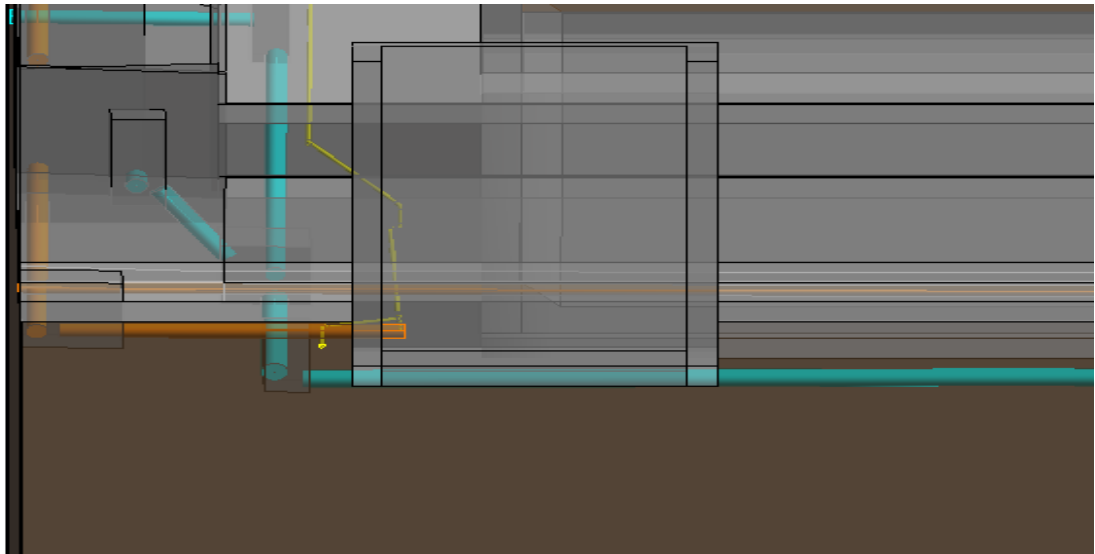


Ilustración 47. Detalle niveles cruce de calle, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 48, se detalla el cruce de calle de las tuberías del sistema mecánico, en este caso están cruzando las tuberías pluviales, de recirculación, y aguas tratadas. En la ilustración 47, se tiene un detalle de las tuberías (vista frontal) en esta se aprecia las profundidades que traen estos sistemas para no tener ningún conflicto con el nivel de la calle.

4.3 Enumeración de conflictos o faltantes de información

A la hora de correr las interferencias del programa, se obtiene el reporte de interferencias (anexo 6). Con este reporte se revisaron todas las interferencias generadas, con esto se procedió a revisarlo con un criterio ingenieril con lo que se determinó cuáles debían marcarse para revisar con los profesionales responsables de cada una de las disciplinas involucradas.

4.3.1 Información pendiente

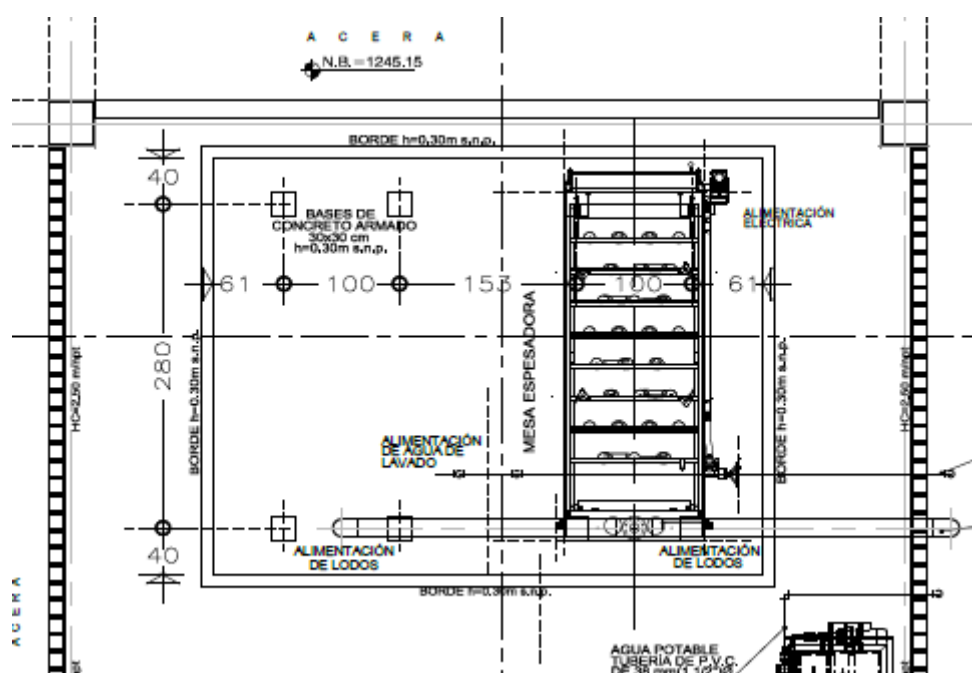


Ilustración 49. Planos CAD, caseta de espesamiento. Fuente: ESPH

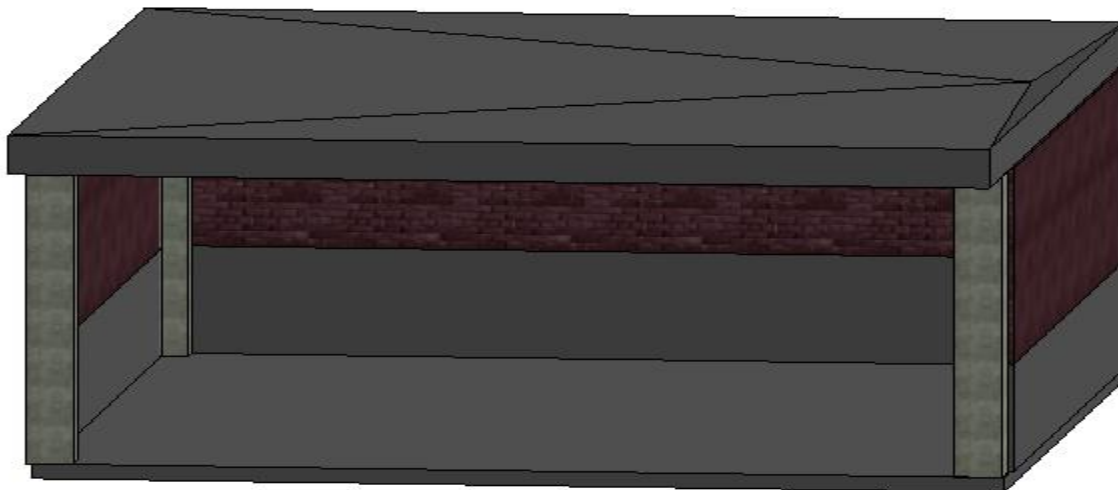


Ilustración 50. Caseta de espesamiento, detallado interno, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración (49) anterior, se demuestra que hay un faltante de información relacionado con la sobre losa, no se tiene la distancia que se debe separar de la pared. Esto se logró determinar a la hora de la construcción de la estructura, ya que no se podía completar dicha sobre losa, con las dimensiones correctas, ilustración 50.

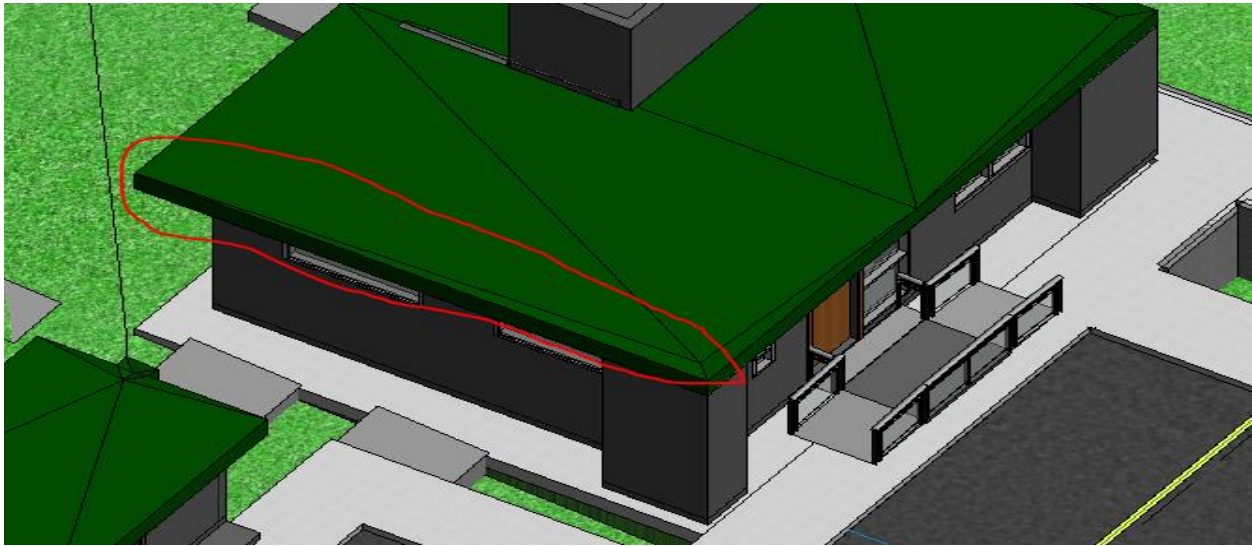
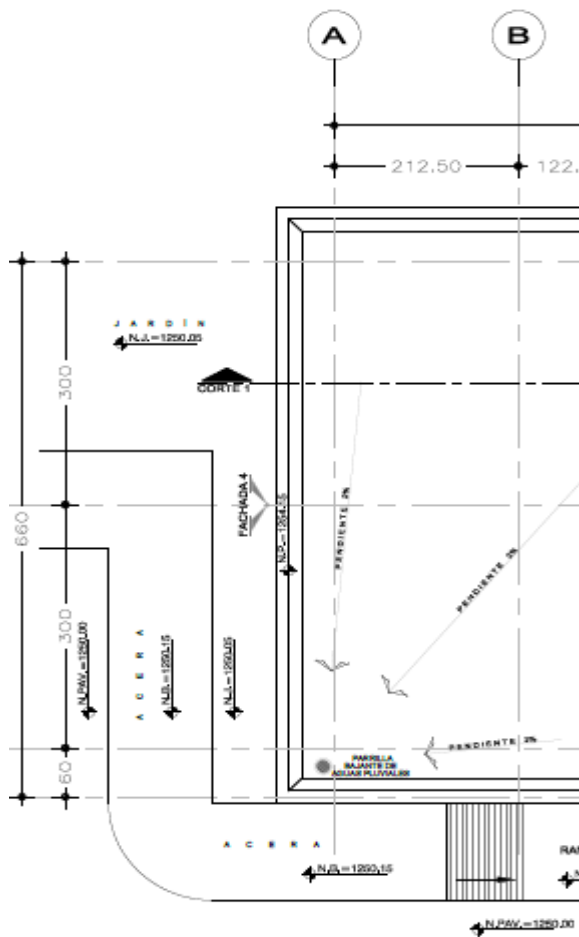


Ilustración 51. Detalle alero edificio administrativo, modelo 3D Revit. Fuente: propia



En el momento de la construcción digital se detectó un faltante de información para el alero del edificio administrativo, ilustración 51. En la ilustración 52 se puede ver el detalle de planos CAD donde NO se indica el largo que debe tener este alero.

Ilustración 52. No hay detalle para alero, planos CAD.

Fuente: ESPH

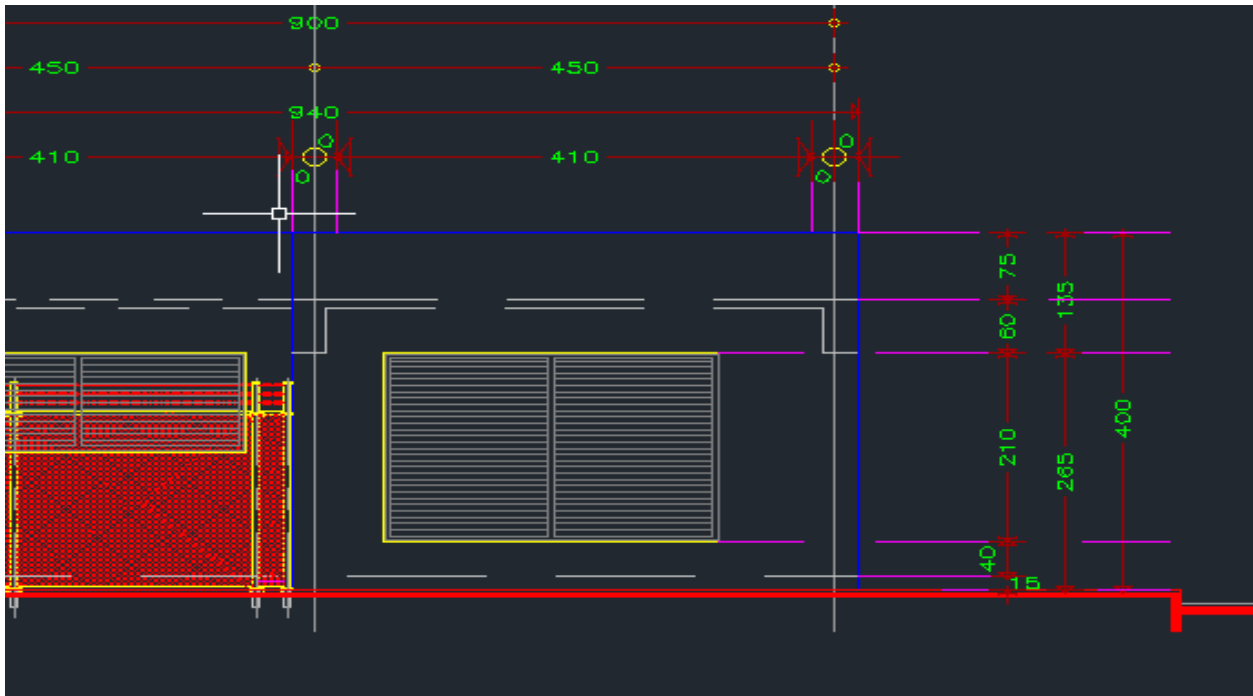


Ilustración 54. Detalle de CAD, anchos de ventana. Fuente: ESPH

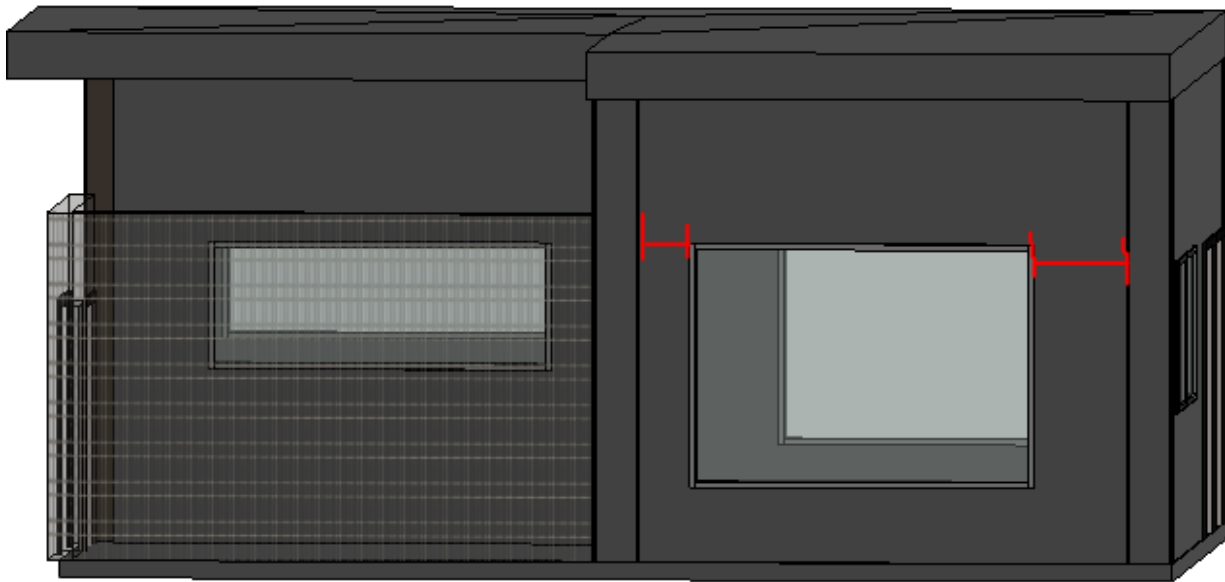


Ilustración 53. Ancho estimado de ventana, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Para la caseta de subestación, ilustración 54, se tuvo que estimar el ancho para algunas ventanas, como se muestra en la ilustración 53, el detalle de las ventanas no incluía cuál era el ancho de estas con respecto a las columnas del edificio, por lo que para concluir la estructura se tuvo que asumir un ancho.

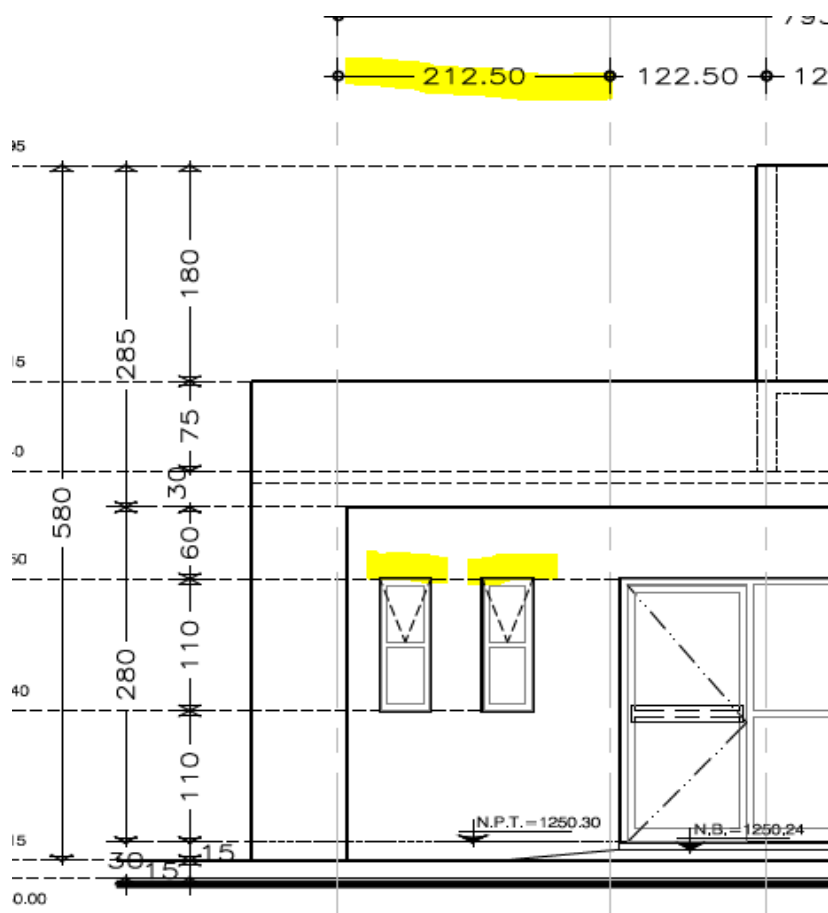
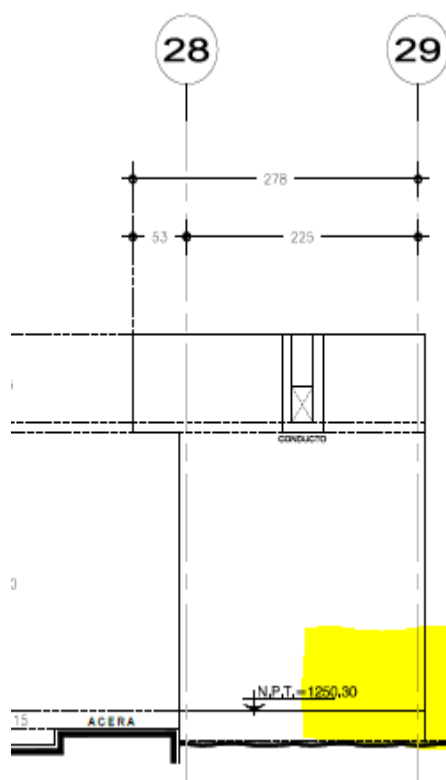


Ilustración 56. Ancho y ubicación ventana, CAD. Fuente: ESPH

En este caso se encontró una falta de información en las ventanas del edificio administrativo, en la ilustración 56 no se indica el ancho ni la ubicación de las ventanas. En la ilustración 55 se puede ver la estructura construida digitalmente con un estimado para efectos del modelo.



Ilustración 55. Detalle de ubicación ventanas, modelo 3D Revit. Fuente: propia



En las siguientes ilustraciones se muestra una inconsistencia de los planos de Autocad. En la vista lateral, ilustración 58 no se indica el detalle de la pila para lavado, mientras que, en la vista en planta, ilustración 57, se muestra una pila para lavado mas esta no tiene información de dimensiones.

Ilustración 58. Vista lateral, detalle de pila, CAD. Fuente: propia

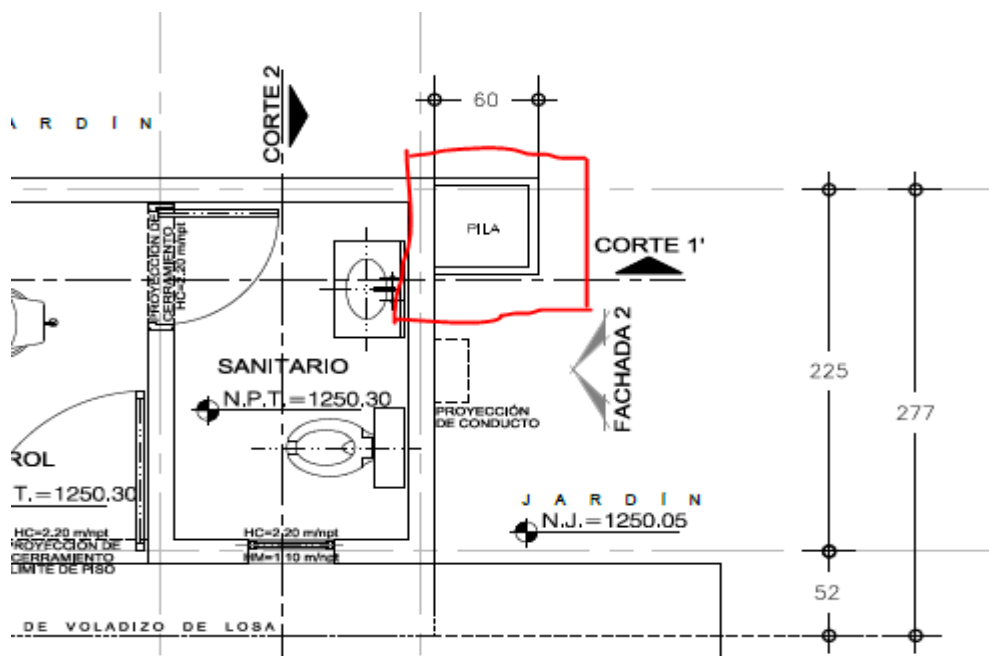


Ilustración 57. Vista en planta, detalle de pila, CAD. Fuente: ESPH

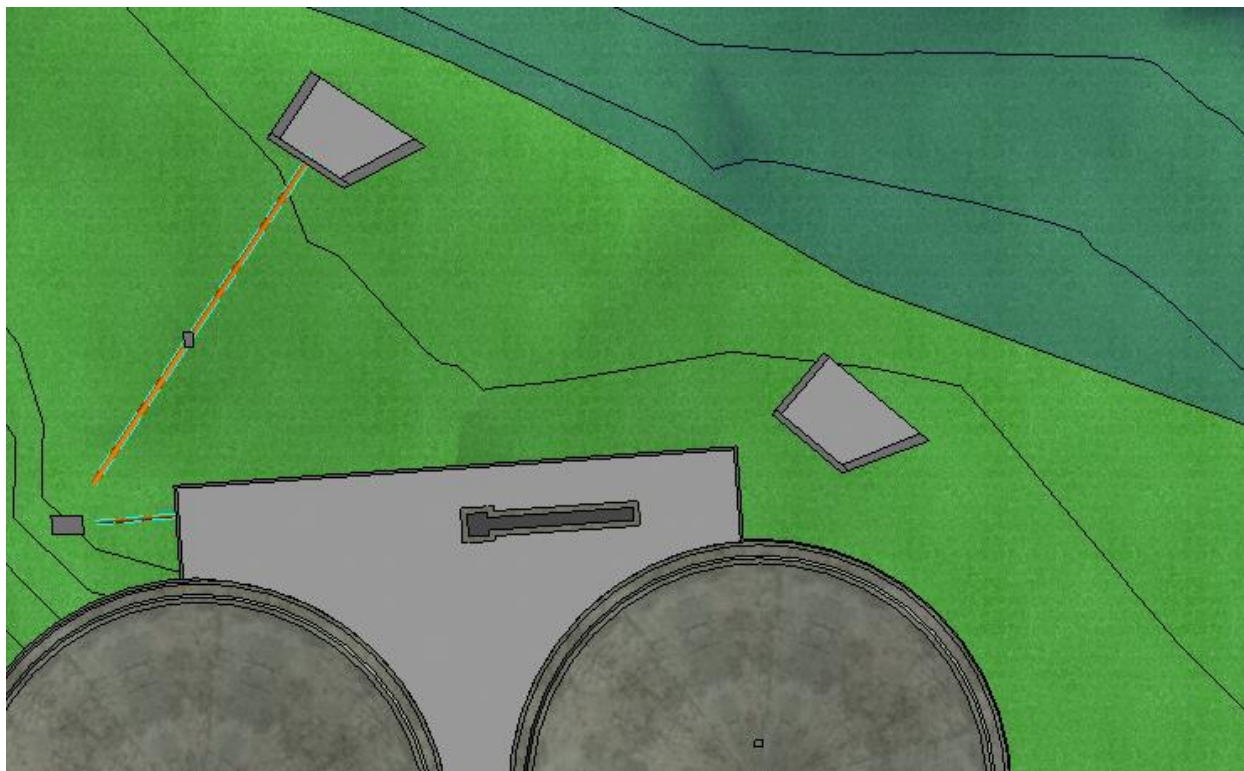


Ilustración 59. Detalle desfogue sanitario, modelo 3D Revit. Fuente: propia

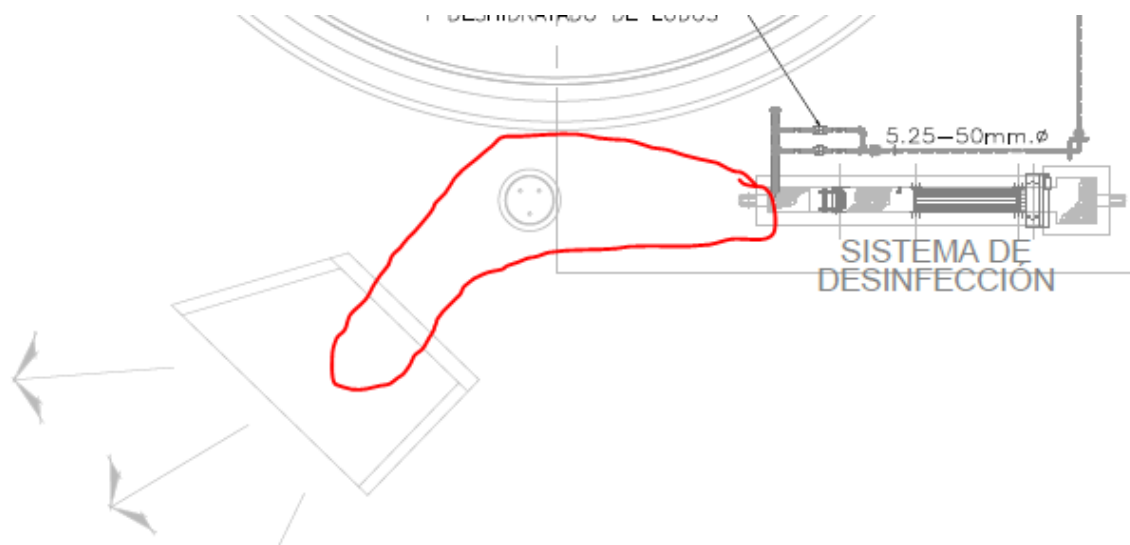


Ilustración 60. Detalle información planos CAD. Fuente: ESPH

A la hora de completar el sistema sanitario para el desfogue del agua tratada, se descubre que el plano de *Autocad* (ilustración 59) para la especificación de “HIDROSANITARIO”, no cuenta con información acerca de la tubería de conexión; como se muestra en la ilustración 60, donde está pendiente de definir tubería de salida.

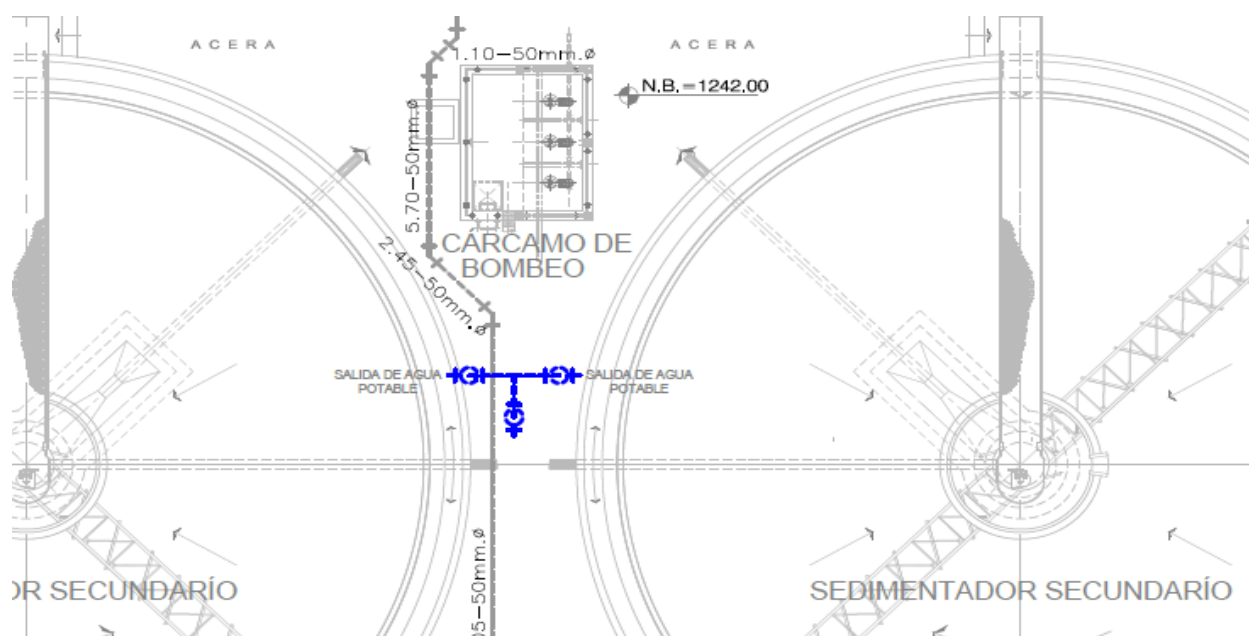


Ilustración 62. Salida agua potable sin conexión, planos CAD. Fuente: ESPH

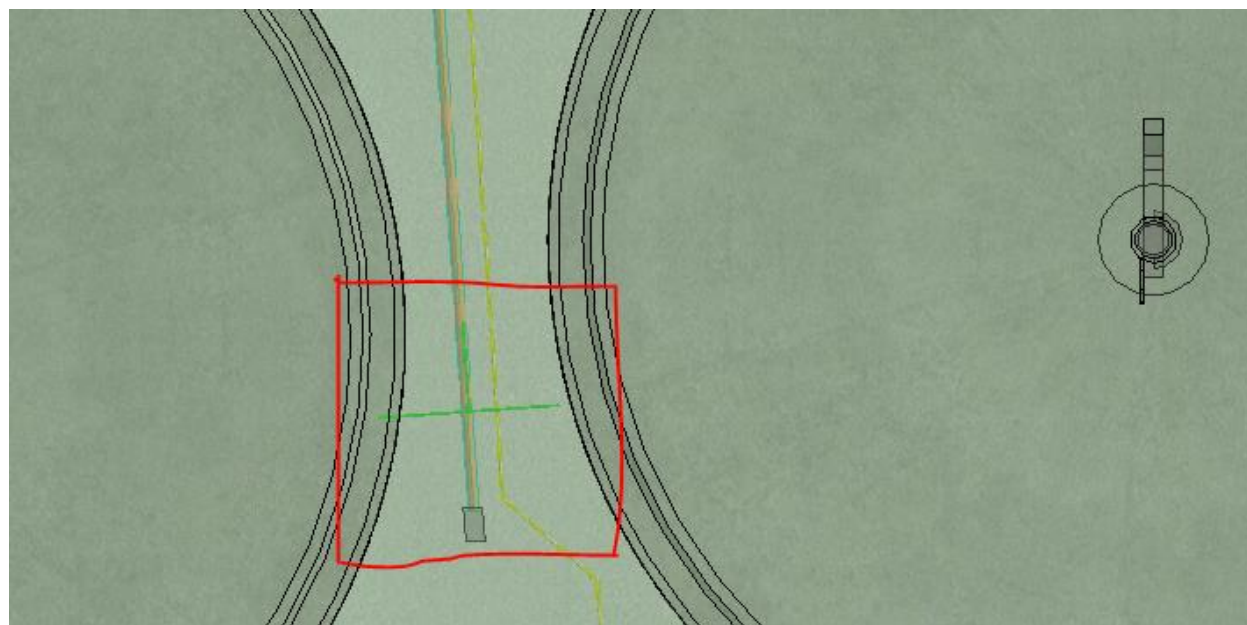


Ilustración 61. Detalle salida agua potable, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En el diseño de la tubería potable se encontró que se está dejando una salida de agua en la zona de los sedimentadores secundarios, mas esta no está conectada al sistema de agua potable, como se muestra en la ilustración 61. La salida de agua se colocó según venia indicada en planos (ilustración 62) pero no tiene conexión.

4.3.2 Conflictos entre disciplinas

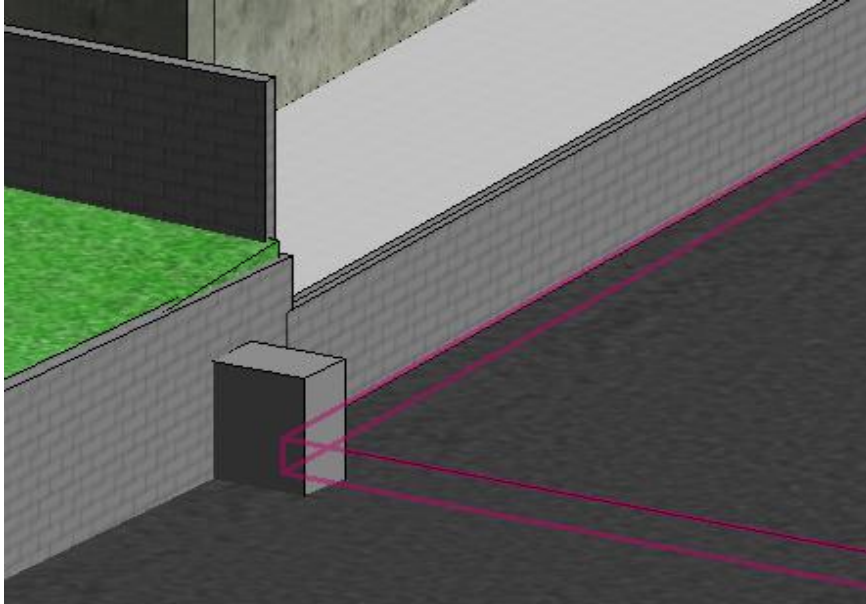


Ilustración 63. Detalle caja pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración 63 se muestra cómo una caja pluvial está colocada sobre la superficie de rodamiento, la caja de conexión para que los tubos pasen por debajo de la calle quedó por encima de la superficie por lo que generaría un problema en la circulación.

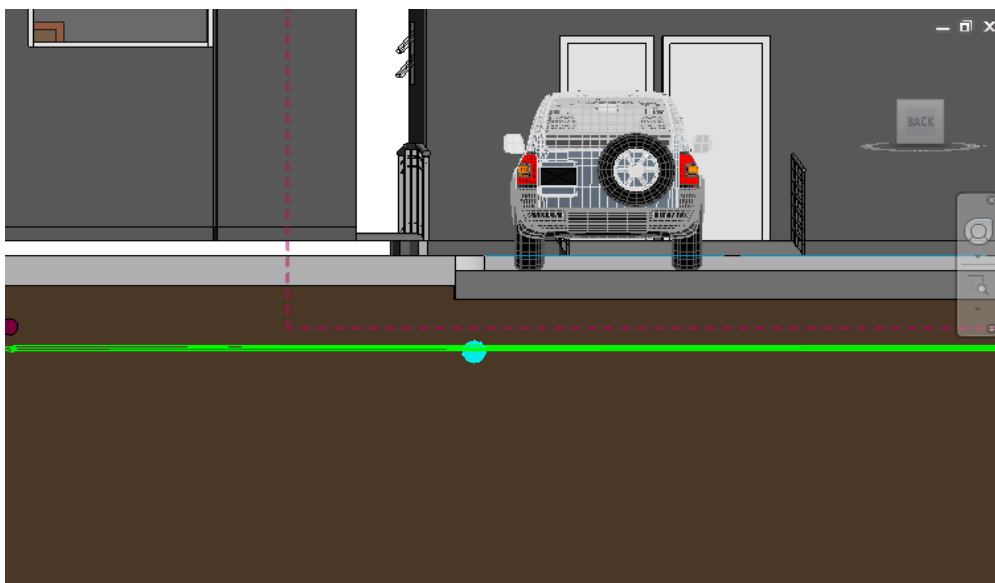


Ilustración 64. Conflicto entre sistemas mecánicos, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En este caso se puede observar un conflicto entre dos sistemas mecánicos (ilustración 64), uno es el sistema de agua potable, tubería verde, con el sistema de agua pluvial, tubería celeste. En este caso, se está dando una interferencia por los niveles en que viajan ambas tuberías. La tubería pluvial debe cumplir con pendientes mínimas ya que trabaja con gravedad.

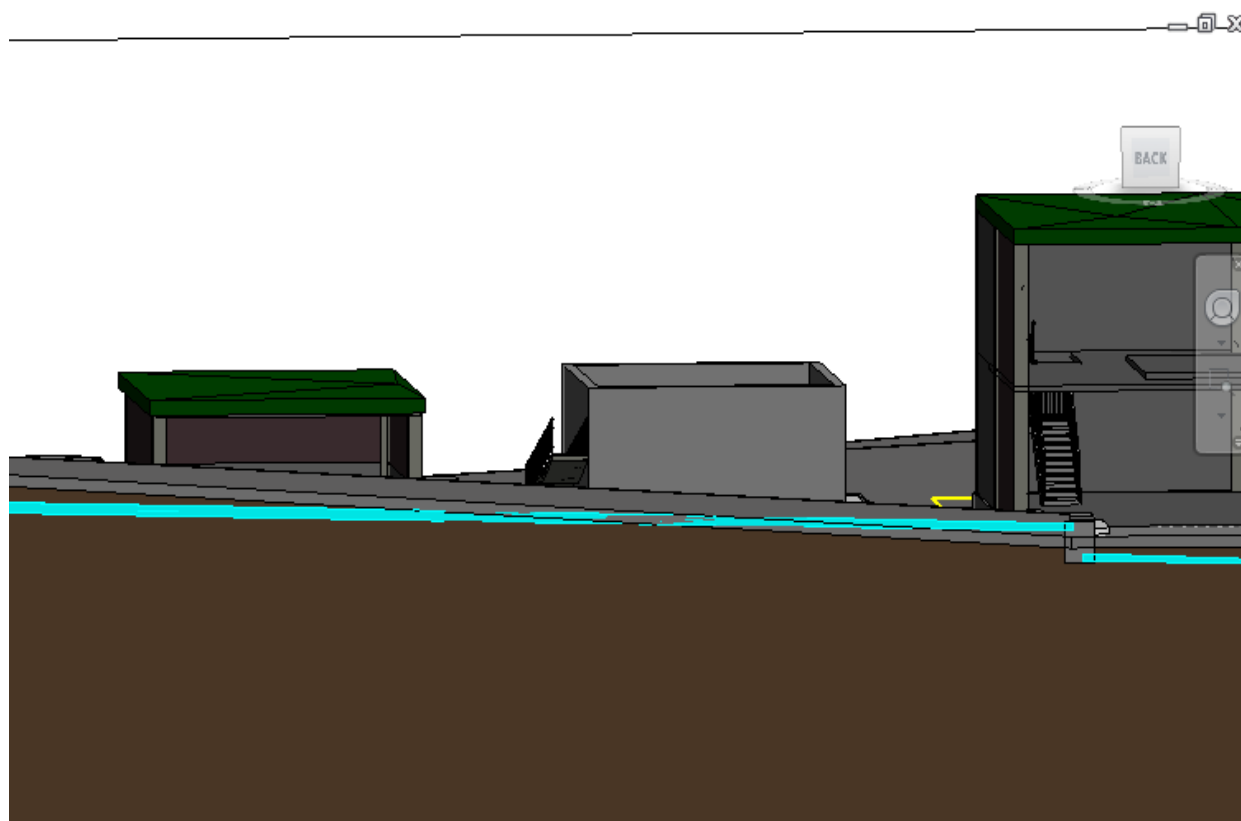


Ilustración 65. Tubería pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la ilustración anterior (65), se observa un problema de niveles, este es un tema crítico a la hora de referirse al sistema pluvial y sus pendientes. En este caso se puede detallar que la pendiente de la tubería es menor que la que tiene la calle o superficie de rodamiento, es por esto que, en un cierto punto, la tubería quedaría expuesta; afectando así la circulación vehicular.

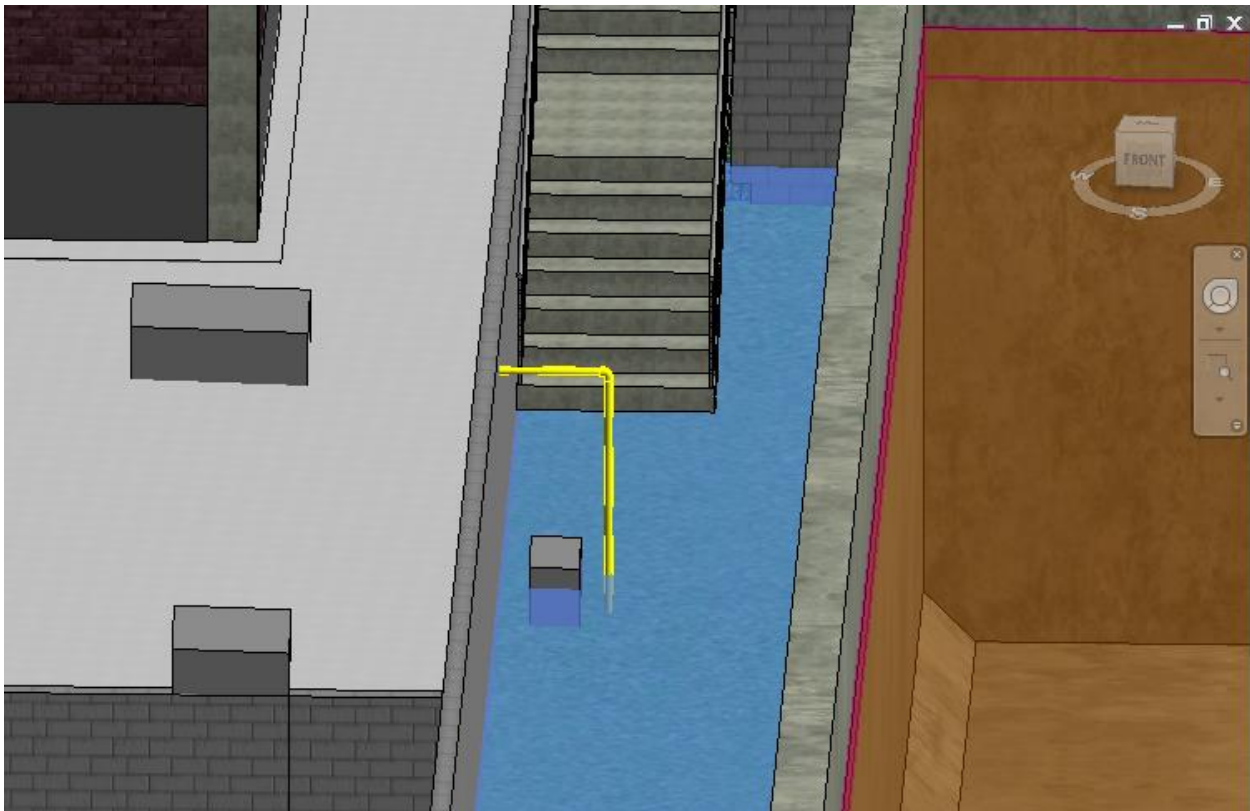


Ilustración 66. Cajas expuestas y tuberías de aguas tratadas en pasillo, modelo 3D Revit. Fuente: Propia

En el detalle anterior se pueden ver varias interferencias entre disciplinas, al lado izquierdo de la ilustración (66) se pueden ver cajas expuestas, estas tienen un nivel de tapa más alto que el nivel de piso terminado, por lo que quedan expuestas. Además, se aprecia una tubería de aguas tratadas (amarilla) donde está quedando ubicada en la mitad de un pasillo de circulación peatonal, junto con una caja que también se encuentra por encima del nivel de piso terminado.

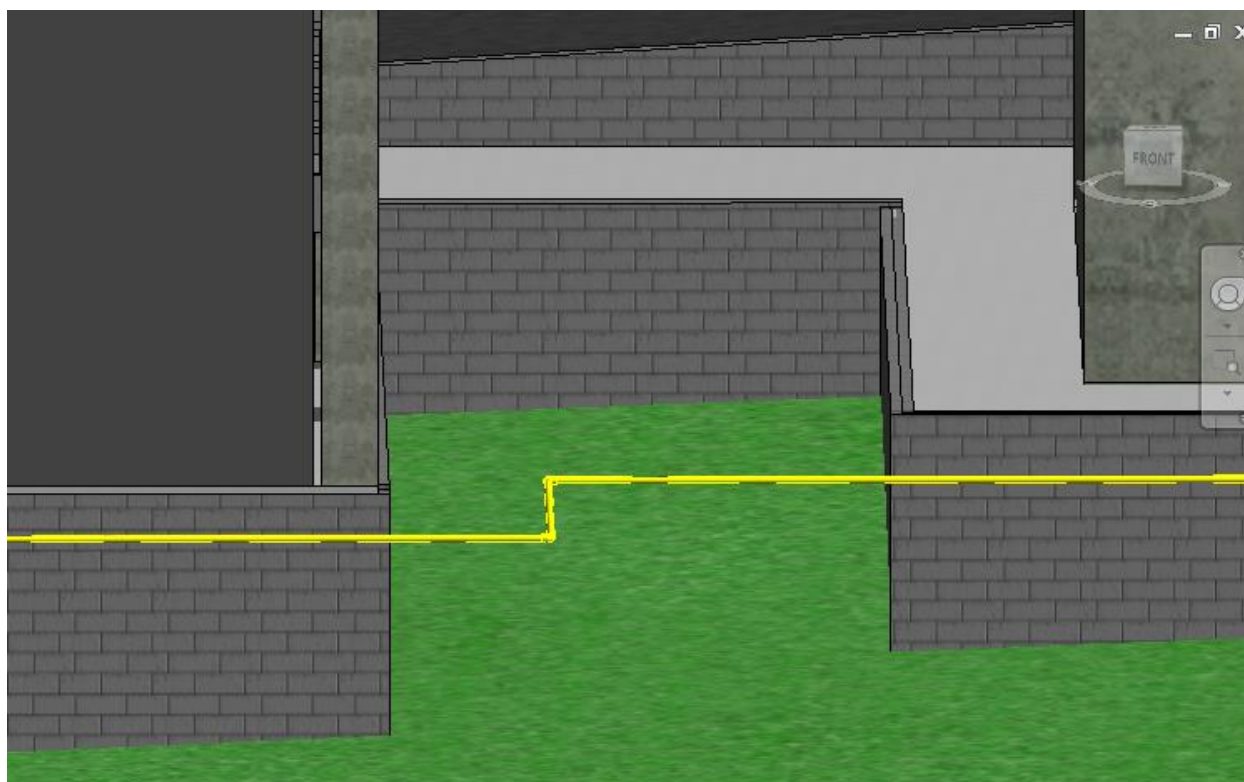


Ilustración 67. Tubería agua tratada expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia

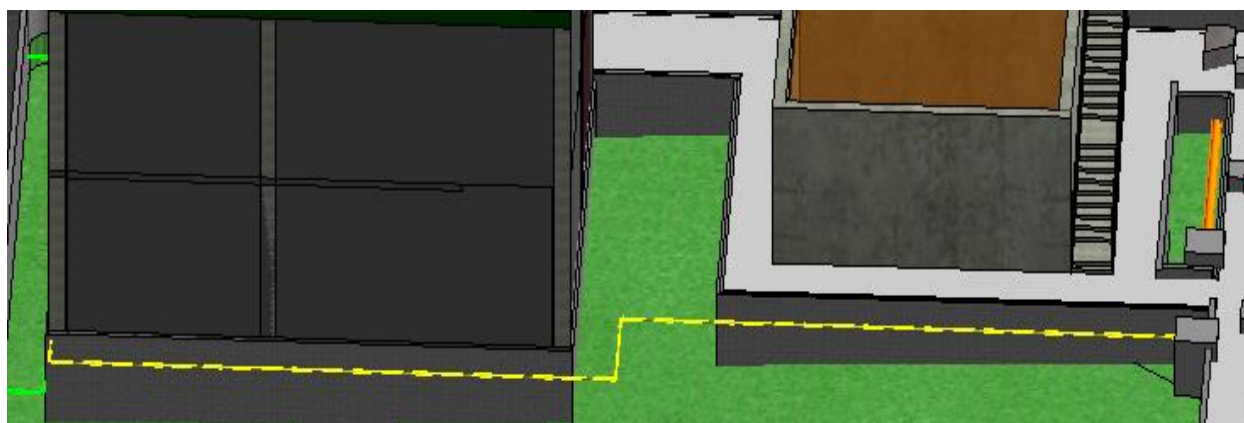


Ilustración 68. Tubería agua tratada expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En las ilustraciones anteriores se detalla la tubería de aguas tratadas (amarilla), la ilustración 67 es un detalle más cercano de la tubería, que viaja expuesta y donde está teniendo un cambio de dirección y no tiene soporte de ningún tipo. En la ilustración siguiente (68) se puede observar todo el recorrido que tiene esta, sin un soporte y sin protección.

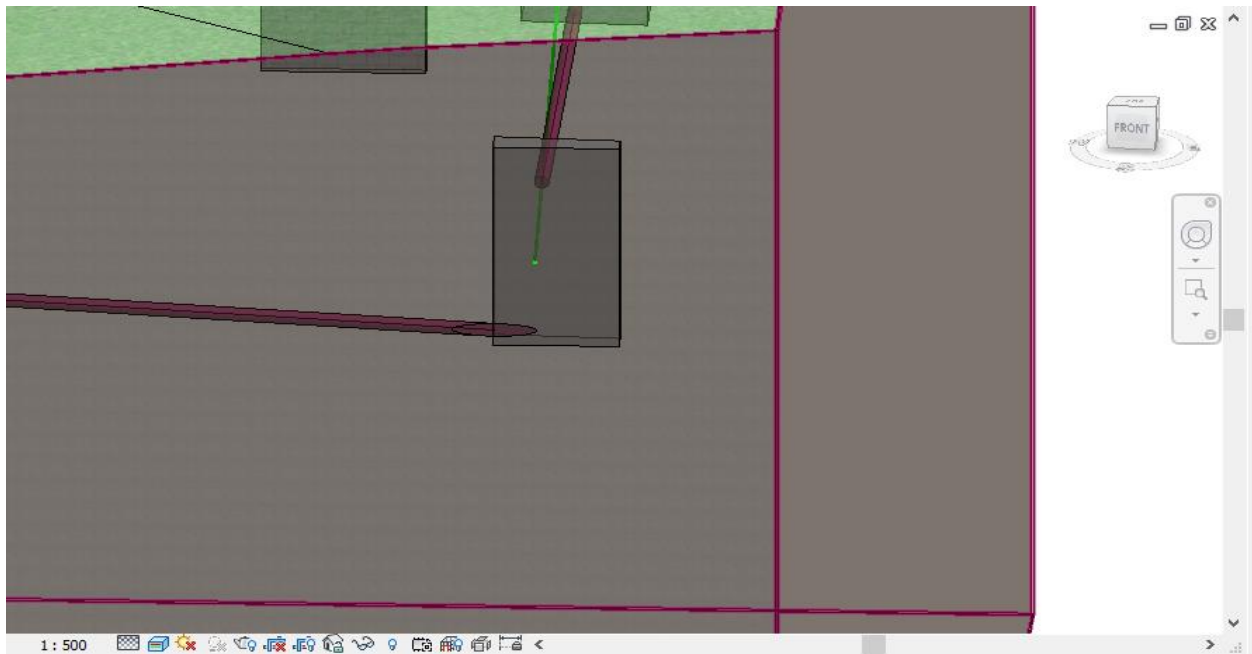


Ilustración 69. Conflicto entre sistema potable y aguas negras, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Ilustración 69, se observa un conflicto entre la tubería potable (verde) donde está pasando por un pozo de aguas negras, estos son dos sistemas que nunca deben coincidir, por lo que se debe reubicar la línea de agua potable.

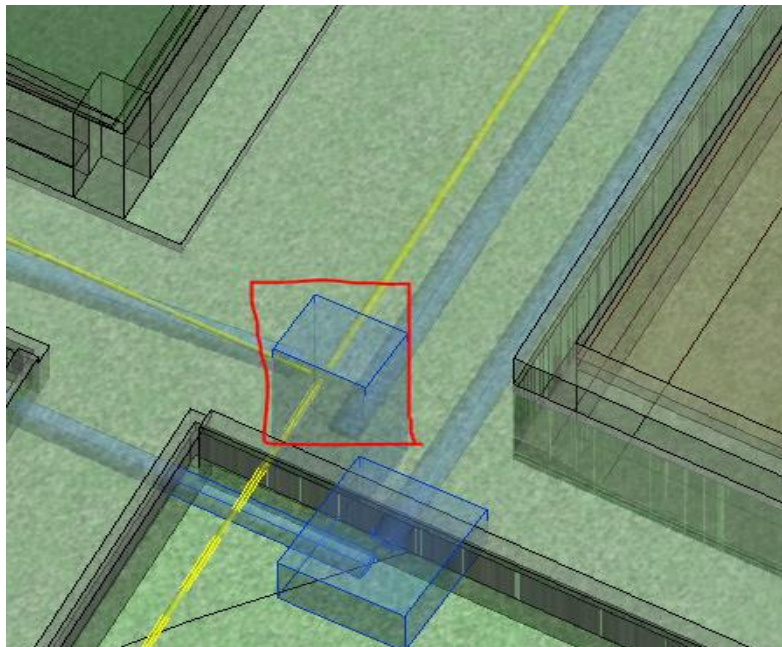


Ilustración 70. Conflicto caja pluvial con aguas tratadas, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En la Ilustración 70, se detalla un choque entre el sistema de aguas tratadas con una caja de registro del sistema de aguas de recirculación.



Ilustración 71. Cajas de registro expuestas, aguas de recirculación, modelo 3D Revit. Fuente: propia

Ilustración 71, muestra unas cajas de registro del sistema de recirculación de aguas, estas tienen el nivel de tapa por encima del nivel de piso terminado. Incluso una de ellas tiene la tubería de conexión expuesta, por lo que el nivel de ingreso al sedimentador secundario también se debe modificar.



Ilustración 72. Detalle de tubería pluvial expuesta, modelo 3D Revit. Fuente: propia

En esta ilustración (72) se puede ver con detalle, una tubería pluvial que queda expuesta sobre la superficie de rodamiento. Esta tubería tiene menos pendiente que la calle, por eso en un punto queda expuesta junto con la caja de registro, en ese punto la caja se profundiza para que el sistema pluvial continúe por debajo de la calle.

4.4 Ventajas y desventajas de utilizar la metodología desde el principio.

La metodología BIM (*Building Information Modeling*), es el proceso de simular mediante un modelo, la información de la construcción. Con estas herramientas el profesional puede dedicar más tiempo al diseño del proyecto, dejando que las máquinas realicen el trabajo pesado. Esta combinación da como resultado proyectos más precisos, rápidos y con la garantía de tener menos errores en la construcción.

En las plataformas BIM, los proyectos se crean en 3D, un ejemplo de esto pueden ser las paredes. Estas se crean como volúmenes, de esta manera permite que se puedan asociar los materiales y características de la pared de manera inmediata. En paralelo el programa va obteniendo cuánto es la cantidad de concreto, la cantidad de piezas para el acabado o bien el área de pintura que requieren. Además, a esto se le puede añadir el costo de los materiales para así obtener un presupuesto de la construcción.

Otra de las ventajas que trae esta metodología junto con el software, es que todo se va desarrollando sobre un modelo único, por lo que a la hora de obtener las vistas de planta, secciones y elevaciones todas se obtienen del mismo insumo, por lo que reduce los tiempos de producción, como también hay una reducción significativa en errores de diseño, como son las diferencias entre una planta y un corte. Una vez completado el modelo con sus respectivos materiales y detalles, se pueden crear perspectivas dentro del mismo programa; sin tener que trasladar la información.

Con esta plataforma y metodología se busca que todo sea construido sobre la misma plataforma BIM. En el momento que el diseño arquitectónico está aprobado, entran los demás profesionales que utilizando la misma plataforma van a crear sus proyectos. En este escenario cada una de las ramas, arquitectura, eléctrico, y MEP, crean su proyecto en 3D sobre el mismo modelo arquitectónico. De esta manera se obtiene una integración de todas las disciplinas donde se pueden detectar las interferencias entre ellas. Todas estas interferencias son detectadas por el programa y se pueden corregir directamente, previo a la construcción, por lo que se da un ahorro significativo en tiempo, que al final se traslada en costos.

Una de las características principales de la metodología en sus diferentes plataformas de trabajo es su función interdisciplinar, esto quiere decir que diferentes profesionales pueden estar trabajando un mismo modelo en tiempo real. Para una mejor coordinación de la integración de la información, se debe contar con una estrategia de desarrollo BIM. De esta manera también se vuelve más sencillo descubrir dónde hay faltantes de información por parte de los planos en 2D, ya que, al estar en un modelo único con todo integrado, se puede apreciar más fácilmente donde falta algún detalle o información para así completarlo.

Con esta metodología se obtienen varias ventajas en el momento del diseño, por ejemplo, a la hora de realizar cambios en los componentes, estos se actualizan en la base de datos por lo que cualquier información que se obtenga del modelo será la más actualizada. Con esto, además se aumenta la productividad, ya que no se deben actualizar una por una las diferentes láminas, eliminando por completo este trabajo repetitivo.

Este programa *Revit BIM* permite llegar a un nivel de detalle muy cómodo para la visualización de los trabajos, con el mismo programa se pueden crear visualizaciones que contemplen el diseño paisajístico, colores y detalles, y hasta la ubicación del proyecto.

Por otro lado, en relación con las desventajas de la metodología BIM, esta requiere ciertos programas como son *Revit*, *Archicad*, y *Allplan*. Todos estos requieren de una larga curva de aprendizaje para lograr una buena integración. Además, estos programas requieren de licencias costosas para su uso comercial y también se debe estar suscrito al programa para poder recibir las actualizaciones. Para una correcta implementación no solo es necesario el conocimiento del programa, sino que se debe invertir en “*hardware*” o computadores que puedan correr los programas.

Las diferentes plataformas para aplicar la metodología BIM permiten crear un alto nivel de detalle en los modelos, lo que puede generar mayor tiempo en la producción de planos que se transforma en un costo más elevado por las horas de trabajo a lo que no siempre se le sacará su mejor provecho.

Específicamente en este caso de estudio de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia, la aplicación de la metodología BIM desde una fase de pre construcción, aunque no fue desde un principio, permitió incluir todos los componentes y elementos que lleva este proyecto. Además, con esto se logró determinar dónde era requerido de información adicional por parte de los diseñadores ya que no se contaba con ningún detalle para completar la construcción digital.

Se lograron detectar las interferencias entre las disciplinas y al ser un proyecto que aún no está en construcción, se pueden corregir. De esta manera evitar un sobre costo o tiempo adicional que se deba dedicar para realizar la corrección en el proceso de construcción.

Al trasladar los planos a estas plataformas se pueden obtener las tablas de cantidades de materiales que pueden ayudar en el proceso del presupuesto, esto a la vez permite detectar el problema que genera la falta de información detallada por parte de los planos en 2D, para lograr una tabla de cantidades realmente completa.

Al realizar el trabajo con la información de planos existentes que no fueron realizados bajo los estándares BIM, se debe interpretar cierta información para lograr un mejor nivel de detalle en el modelo.

5. Conclusiones

Para este trabajo final de graduación, se logró implementar la metodología BIM para una obra de infraestructura, específicamente para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Isidro de Heredia propiedad de la ESPH. Para lograr la implementación de la metodología se contó con los planos finales con los que se diseñó la PTAR. El proceso requirió de una revisión detallada de los planos para así poder ajustarlos a lo que se quería que era poder generar un modelo BIM.

Se establecieron los protocolos y estándares BIM para la implementación de la metodología BIM. Previo a la elaboración de esto es imprescindible tener un conocimiento amplio de las plataformas como de la integración de las disciplinas para así tener un trabajo completo y ordenado. Con esto se logró establecer los requisitos y estándares básicos que se conoce como un “Protocolo BIM”, para el proceso del modelado en 3D con metodología BIM para la PTAR de San Isidro.

Se elaboró el modelo del proyecto bajo los estándares para la metodología BIM, mediante la herramienta *Revit*. Durante el proceso de modelación de la PTAR, se realizaron los diferentes elementos individualmente, también se realizaron los sistemas mecánicos por separado para posteriormente integrar todos los sistemas en un modelo completo. Las estructuras se trabajaron por separada para así poder incluir un mayor nivel detalle y tener un mejor control de lo que se estaba realizando. Cuanta más información se pueda incluir, se puede llegar a un nivel de detalle superior o LOD (siglas en inglés).

Se generó la lista de interferencias o posibles conflictos constructivos que genera el modelo entre las diferentes disciplinas. Una vez integradas todas las partes y componentes que completan la PTAR se procedió a correr el programa para encontrar todos los posibles errores. Con este procedimiento se revisaron una por una, con criterio ingenieril, para evaluar si tenía solución. Para este momento se puede decir que se está logrando la implementación de la metodología BIM, se está haciendo una construcción digital donde se muestran las disciplinas en un modelo único. En el momento de la

revisión, se comienzan a detectar los faltantes de información que tienes los planos en *Autocad* o 2D, como también las interferencias o discrepancias entre los niveles y secciones de todas las estructuras con los sistemas. La implementación de esta metodología es la clave para la detección de problemas previos a la construcción, de esta manera se pueden realizar las correcciones pertinentes para no incurrir en atrasos contra el cronograma de la obra ni sobrecostos al presupuesto.

Se enlistaron las principales ventajas o desventajas de haber diseñado el proyecto mediante metodología BIM, desde la etapa inicial. La metodología BIM tiene muchas ventajas como son la visualización previa de la construcción, de una manera digital, la detección de faltantes de información o incluso de los conflictos constructivos entre las disciplinas. También se pueden obtener listas de cantidades de materiales y detalles de acabados. Para el proyecto se logró determinar dónde era requerida información adicional como también detectar ubicaciones exactas donde había algún tipo de interferencia entre dos partes. Al ser un proyecto que ya cuenta con planos se debió asumir cierta información, ya que los planos no fueron realizados bajo ningún protocolo BIM por lo que era necesario ajustar la información.

6. Recomendaciones

Una vez finalizado el proyecto se sacan varias recomendaciones, tales como:

- Se debe completar el protocolo BIM, según requisitos y especificaciones de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia; para que puedan exigir los detalles según sus políticas.
- Debe haber un profesional capacitado para poder implementar la metodología BIM, según el protocolo o estándares mínimos que se haya establecido.
- Para el manejo y la implementación del trabajo colaborativo de *Revit BIM* se debe tener un amplio conocimiento del *software* y la metodología BIM, se debe establecer canales de comunicación entre los profesionales responsables involucrados.
- La aplicación de esta metodología, dentro de un proyecto, se extiende a muchos detalles, por lo que el modelo de la PTAR se debe continuar para así elevar el nivel de detalle o LOD (siglas en inglés).
- Sobre el mismo modelo, se deben incluir los sistemas eléctricos, estructurales e inclusive el mobiliario, para poder visualizar la construcción digital con todos sus detalles.
- La Universidad Latina de Costa Rica debe incluir dentro del programa de estudio, las metodologías BIM, esto para los cursos de diseño y construcción. Los cursos de dibujo deben actualizarse para incluir la tercera dimensión con metodología BIM en las diferentes plataformas disponibles.

7. Bibliografía

- Cámara impulsa BIM junto a la Primera Dama. (2019). *Construcción*, 19.
- Castillo, I. A. (10 de Agosto de 2018). Que es BIM? (A. Fabian, Entrevistador)
- Cicco, R. d. (25 de Enero de 2018). *AEC Magazine*. Obtenido de <https://www.aecmag.com/comment-mainmenu-36/1521-bim-born-in-the-usa>
- Cruz, A. T. (13 de Abril de 2018). *MoviliBlog*. Obtenido de BID Mejorando Ideas: <https://blogs.iadb.org/moviliblog/2018/04/13/bim-el-futuro-esta-en-la-construccion-inteligente/>
- Eynon, J. (2016). *Construction manager's BIM handbook*. Chichester, UK ; Hoboken, NJ: John Wiley and Sons.
- Ivan. (03 de Marzo de 2017). *La Escuela Profesional de Nuevas Tecnologías*. Obtenido de <https://www.cice.es/noticia/las-5-ventajas-fundamentales-bim/>
- Mahdjoudi, L., Brebbia, C., & Laing, R. (2015). *Buliding Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations* . WIT Press.
- Molinare, A. (2012). Las ventajas más importantes del BIM. *Plataforma arquitectura*.
- Muñoz, A. J. (10 de Agosto de 2018). Que es BIM? San José, San José, Costa Rica.
- NBS. (3 de Agosto de 2016). *National BIM Standard* . Obtenido de <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-building-information-modelling-bim>
- Reátegui, S. H. (2018). *Uso de la metodología "BIM" en la constructabilidad de los proyectos de infraestructura en la Contraloría General de la República, Jesus María, 2016*. Perú.
- Siga al BIM Forum Costa Rica a través de las redes sociales . (2019). *Construcción*, 48-49.
- TBH Editor. (22 de Marzo de 2016). *The Bim Hub*. Obtenido de BIM Level 2: Final Countdown For The UK Government Mandate: <https://thebimhub.com/2016/03/22/bim-level-2-final-countdown-uk-government-mandate/#.W3YxfZFyl9>
- Zigurat Global Institute of Techonology. (7 de Noviembre de 2017). *Engineers and Architects* . Obtenido de <https://www.e-zigurat.com/blog/en/bim-in-the-united-states/>

8. Anexos

Esta fue una de las más recientes sesiones de trabajo de BIM Forum, en las instalaciones de la Cámara Costarricense de la Construcción en Llorente de Tibás.

SIGA AL BIM FORUM COSTA RICA A TRAVÉS DE LAS REDES SOCIALES

La Cámara Costarricense de la Construcción coordina este grupo técnico que cuenta con presencia en las plataformas digitales

BIM Forum Costa Rica es un grupo técnico creado en el año 2017 y dirigido desde la Cámara Costarricense de la Construcción con el objetivo de impulsar en el país esta metodología que está revolucionando la industria constructiva.

El equipo está conformado por profesionales con amplia experiencia en el tema y tiene el apoyo logístico y técnico de la Cámara. BIM Forum Costa Rica cuenta desde su lanzamiento con una página web, que puede consultarse en la dirección www.construccion.co.cr/BIMFORUM.

Ahora también es posible interactuar con el grupo a través de las principales redes sociales:

- Facebook
- Twitter
- LinkedIn

Ahí podrá encontrar diferentes contenidos, como artículos, noticias o videos que ayuden a fortalecer la comunidad de BIM dentro del país.

BIM Forum Costa Rica está integrado por los siguientes profesionales: Jorge Montenegro, Rashid Sauma, Daniel Garro, Pablo Murillo y Carlos Trejos.

“Cada vez hay más conciencia en el país sobre la importancia de utilizar BIM. Desde nuestro grupo, y con el apoyo de la Cámara, continuaremos promoviendo esta metodología para que los diferentes participantes de la industria puedan apreciar sus beneficios”, comentó Jorge Montenegro, quien es el coordinador del foro técnico.

Miembros del foro participaron hace unas semanas en una importante cita de trabajo con la Primera Dama de la República, Claudia Dobles, que se realizó en las instalaciones de la Cámara Costarricense de la Construcción.

Ahí, representantes de entidades públicas y privadas escucharon la experiencia de BIM Forum Chile e intercambiaron criterios sobre cuál ruta debe seguir el país para alinearse con los más altos estándares del mundo constructivo.

Y es que, precisamente, parte del trabajo del grupo es buscar junto a actores de diferentes sectores la forma de insertar la construcción nacional dentro de la ola BIM que ya recorre otras regiones del mundo.

CONOCIMIENTO EN DIGITAL

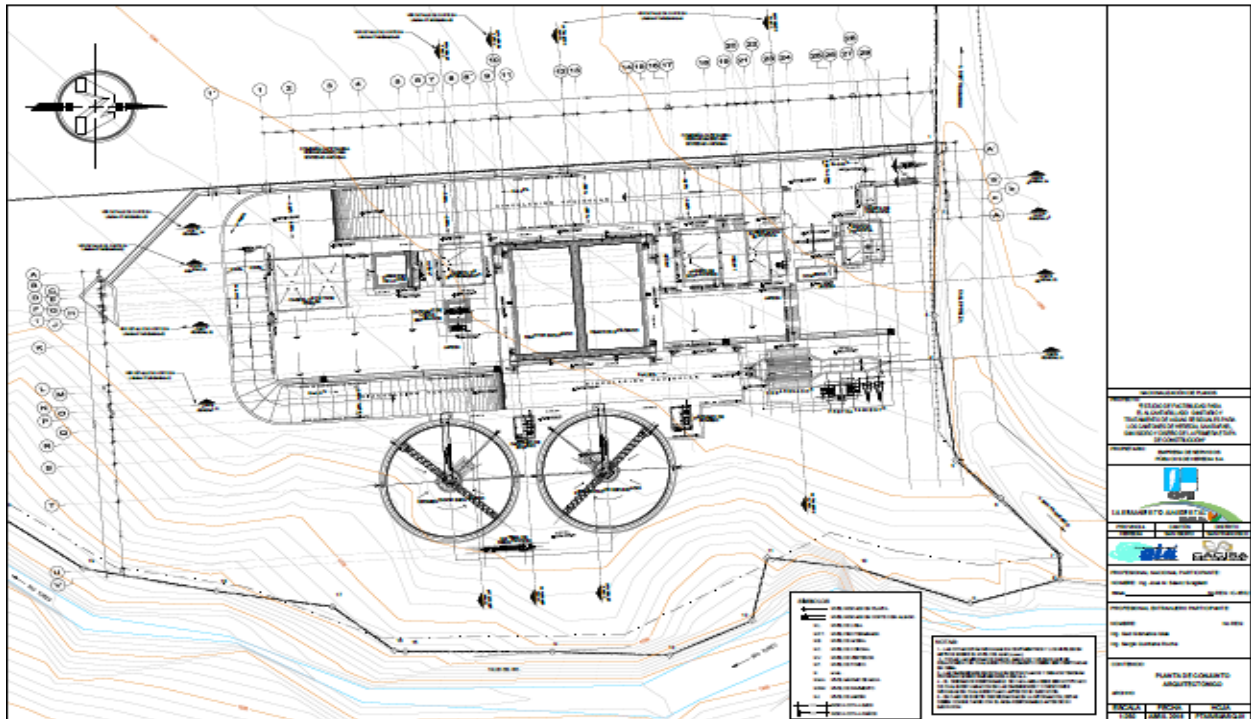
Encuentre en las redes sociales de BIM Forum Costa Rica un video del arquitecto Daniel Garro explicando diversos detalles sobre el Centro Nacional de Convenciones, un proyecto de enorme importancia para el país y que utilizó la metodología BIM.

También está disponible un artículo del arquitecto Randy Ugarte y el ingeniero Luis Diego Gómez, quienes enumeran cuáles son las enormes ventajas de incorporar esta metodología al proceso de toma de decisiones en un proyecto constructivo.

Entre los puntos expuestos se encuentran:

- **Detección de conflictos:** Al trabajar en un modelo 3D unificado multidisciplinario (Arquitectónica, Estructural, Eléctrica, Mecánica e Infraestructura).
- **Información:** Con la presentación de modelos 4D antes de la construcción real, las personas que no son ingenieras o arquitectas saben cómo se va a ir realizando la obra y con esto poder consultar por qué no se ha avanzado como se ve en la simulación.
- **Proyecciones:** Con modelos 5D el constructor previene las necesidades en cuanto a recursos (materiales, mano de obra, bodega, accesos al proyecto, maquinaria, etc.) con semanas de antelación.
- **Transparencia:** Lograr que todas las partes involucradas, aunque no sean expertos en la materia, entiendan y sepan la ruta que se está tomando para llegar al norte común.

48 | REVISTA CONSTRUCCIÓN



Anexo 2. Portada planos arquitectónicos 1. Fuente: ESPH

PLANOS HIDROSANITARIOS PLANTA DE TRATAMIENTO SAN ISIDRO

Anexo 3. Portada planos Hidrosanitarios 1. Fuente: ESPH

GREMIALES



LA PRIMERA DAMA, Claudia Dobles, junto al Presidente de la Cámara, Esteban Acón.



LA CITA REUNIÓ a importantes líderes de los sectores público y privado.



CAROLINA SOTO, Directora Ejecutiva de BIM Forum Chile, habló de la experiencia de ese país en el tema. A su lado, Jorge Montenegro, Coordinador del BIM Forum Costa Rica.

CÁMARA IMPULSA BIM JUNTO A LA PRIMERA DAMA

Claudia Dobles sostuvo una reunión de alto nivel en las instalaciones de la CCC, con el propósito de unir esfuerzos públicos y privados en favor de esa metodología

La Primera Dama de la República, Claudia Dobles, visitó el jueves 14 de febrero la Cámara Costarricense de la Construcción para reunirse con líderes del sector y con representantes internacionales de cara a la implementación de la metodología BIM en nuestro país.

Building Information Modeling es toda una revolución en la industria constructiva, pues permite integrar los diferentes procesos y componentes de una obra a través de modelos digitalizados en tercera dimensión. Esto sirve para detectar errores de previo y ahorrar tiempo y demás recursos, entre otras ventajas. A la cita acudieron altos representantes de la Cámara, encabezados por el Presidente de la Junta Directiva, Esteban Acón, el Primer Vicepresidente, Carlos Trejos, y el Director Ejecutivo, Randall Murillo. También estuvieron dirigentes del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, incluyendo a su Presidenta, Ilea-

Web
Puede encontrar el sitio web de BIM Forum Costa Rica en la dirección www.construccion.co.cr/BIMFORUM

na Aguilar, así como otros líderes del sector. También hubo representación internacional. Carolina Soto Ogueta, Directora Ejecutiva de BIM Forum Chile, explicó cuál es el proceso que sigue ese país para impulsar la metodología. Por su parte, Blanca Torrico, Analista Senior del Banco Interamericano de Desarrollo, esbozó algunas ideas sobre cómo construir una hoja de ruta en esta materia.

La Primera Dama, Claudia Dobles -quien es arquitecta y ha utilizado BIM en su práctica profesional- afirmó que para darle a esta metodología el empujón definitivo es necesario

unir esfuerzos entre diferentes actores. "Queremos trabajar con cada uno de ustedes: sector privado, academia, Colegios... Es así como podremos impulsar este cambio", afirmó en la sala de juntas de la Cámara, en Llorénte de Tibás.

Por su parte, Esteban Acón, Presidente de la CCC, comentó que esta organización gremial se mantendrá muy activa para poner a la industria nacional alineada con las mejores prácticas mundiales.

Desde el año 2017, la Cámara articuló el grupo técnico especializado BIM Forum Costa Rica, que lleva la batuta del tema en nuestro país. Como parte de los esfuerzos para darle desarrollo a la metodología, el Congreso Nacional de la Construcción del 2018 (organizado por la CCC) llevó como nombre BIM: El Desafío de la Competitividad.

REVISTA CONSTRUCCIÓN 19

ENTREVISTA BIM

Arq. Jorge Muñoz de la empresa Ingenya

- ¿Qué es para ustedes BIM?
- R/ Modelado parametrizado del proyecto, en donde adicional a la información usual en dos dimensiones existen parámetros modificables de manera flexible, que permiten un trabajo más ágil. Como base de datos aun no lo utilizan tanto. Si integra todas las disciplinas. Lo utilizar hace 10 años
- ¿Cómo incorporan BIM a los proyectos de ustedes? Hay casos que lo pueden aplicar desde la etapa de diseño y otros en que no.
- R/ Se está cambiando, en el sentido de que el Modelo arquitectónico se pasa a las otras disciplinas cuando el proyecto está más avanzado, para evitar que las áreas de ingeniería se basen en el diseño arquitectónico y más bien sean ellos los que hagan su diseño y no dependan del dibujante. Usan el modelo 3D más para revisión que para diseño en la parte electromecánica
- ¿De qué manera controlan el uso del BIM en las diferentes partes del proyecto? Día a día, semanal, quincenal, mensual.
- R/ Por ahora lo usan más como revisión en una etapa avanzada del proyecto
- ¿Han logrado tener un mejor control del cronograma con esta metodología?
- R/ por ahora no usan cronograma
- ¿Qué técnicas utilizan para el cronograma con el modelo BIM? Líneas de balance o barras de Gantt.
- R/ No lo usan
- ¿Quién es la empresa que está comercializando el VICO?
- R/
- ¿Quiénes tienen acceso al modelo BIM durante la ejecución? ¿Y quiénes puede modificarlo?
- R/ En nuestro caso los mantiene la empresa, no se comparten.
- ¿Cómo es la coordinación del uso de la metodología con los propietarios?
- ¿Qué tan involucrados están los clientes en el seguimiento del programa con la metodología?
- ¿Utilizan la metodología para las estimaciones de presupuesto? ¿Cómo ayuda esto?
- R/ Todavía no
- ¿Cuándo encuentran choques en el diseño; como lo manejan o resuelven?
- ¿Cuánto se puede llegar a reducir las órdenes de cambio en un proyecto?
- ¿Cómo ven la utilización de BIM en la construcción ahora y a futuro?
- R/Es una herramienta útil, los constructores han logrado programar mejor los proyectos y sus presupuestos y mejora en las dudas hacia los consultores. Es importante mantener ese dialogo para evitar extras al cliente. Es una gran

herramienta en la fase de presupuesto y en la fase para explicar a maestros de obra y contratistas para evitar contratiempos.

La preocupación es en cuanto a compartir el modelo fuera de la empresa y evitar copia de información valiosa de cada empresa. Otra preocupación en la parte electromecánica es que anteriormente se usaba simbología que representaba cierto tipo de obra, al utilizar el BIM que exige mucho mayor detalle y en caso de que no se de tal detalle, el contratista dice que carece de información y no es lo correcto.

- ¿Cómo les ha ido con los maestros de obra y la utilización del sistema?
R/ A muchos maestros de obra y capataces les cuesta entender el modelo 3D, están acostumbrados a ver planos en 2D
- ¿Cuáles disciplinas tienen más dificultades para acoplarse al sistema?
- R/ Todas las disciplinas se manejan en el modelo
- ¿Qué tanto nivel de detalle maneja los consultores para BIM?
- R/ Utilizan Lod 300 o Lod 350
- Que otras empresas conocen que manejen BIM. Si conocen alguna empresa que se dedique a la modelación BIM. ¿Contactos?
R/ Eliseo Vargas
- ¿Qué tiempo o estimado les toma la modelación? ¿Cómo lo manejan por m2?
Alguna idea.
- R/ No manejan el tiempo, pero si usan Revit en todo, es más rápido que cualquier otra herramienta.
- ¿Cómo se hace la extracción de información del modelo para los presupuestos, cronogramas? ¿Se realiza manual por medio del BIM Manager?
- ¿Cuántos proyectos han ejecutado con BIM?
R/ Más de 70 proyectos. Hace 9 años en arquitectura, electromecánico hace 4 años trabaja en Revit integrado.
- ¿Han trabajado modelos AS BUILT con el BIM? ¿Cómo los traspasan a los clientes?
R/ A los clientes se les da en 2D, o se les cobra adicional cuando piden el 3D

Ing. Ana María Castillo de la empresa constructora Bilco

Cabe aclarar que esta entrevista, fue más bien una presentación de cómo trabaja el departamento de BIM en la empresa, con ejemplos prácticos de varios proyectos.

¿Qué es para ustedes BIM?

R/ Es una herramienta muy utilizada y tenemos un departamento de BIM. De arquitectura lo implementaron también en ingeniería. Hace un par de años está en CR en el área de construcción, la parte de electromecánica es el que da más problema. Ocupa personal que conozca Revit con experiencia en construcción. Los estructurales grandes ya usan Revit. Tienen un departamento de 8 personas, modeladores y que van a visitar proyectos.

Building Information Modeling, lo principal es el manejo de la información, como documentar la información de una manera unida y centralizada. Es una herramienta/filosofía para que sea un trabajo en equipo, que sea integral. La inversión principal de tiempo debe ser al principio.

- ¿Cómo incorporan BIM a los proyectos de ustedes? Hay casos que lo pueden aplicar desde la etapa de diseño y otros en que no.

R/Varios los logran incorporar desde un principio, trabajando con el arquitecto, Tomando en cuenta requisitos y precios. Usan aplicaciones sencillas para que sean más aceptadas por los clientes. Utilizan dron para recolectar información de sitio. También otro programa para unir fotografías de la cual se obtiene otro tipo de información como una nube de puntos. Usan otros programas relacionados, no todos los programas que manejan 3D, sirven para BIM.

Pocas empresas usan el modelo, algunos son como Circuito, gente de aires,

- ¿De qué manera controlan el uso del BIM en las diferentes partes del proyecto? Día a día, semanal, quincenal, mensual.
- R/ constantemente con diferentes programas y aplicaciones
- ¿Han logrado tener un mejor control del cronograma con esta metodología?
- ¿Qué técnicas utilizan para el cronograma con el modelo BIM? Líneas de balance o barras de Gantt.

R/ Usan líneas de balance. El modelo no está todavía conectado

- ¿Quién es la empresa que está comercializando el VICO?
- ¿Quiénes tienen acceso al modelo BIM durante la ejecución? ¿Y quiénes puede modificarlo?
- ¿Cómo es la coordinación del uso de la metodología con los propietarios?
- ¿Qué tan involucrados están los clientes en el seguimiento del programa con la metodología?
- ¿Utilizan la metodología para las estimaciones de presupuesto? ¿Cómo ayuda esto?
- ¿Cuándo encuentran choques en el diseño; como lo manejan o resuelven?

- ¿Cuánto se puede llegar a reducir las órdenes de cambio en un proyecto?
- ¿Cómo ven la utilización de BIM en la construcción ahora y a futuro?
- R/ Se está utilizando cada vez más, por eso esta empresa tiene un departamento de BIM. Ellos trabajan con los diferentes departamentos y contratistas para lograr obtener la información necesaria para poder hacer los diferentes modelos. Es difícil porque hay mucha resistencia al cambio, pero es algo que va a funcionar a medida que todos participen y vayan viendo los beneficios de la metodología.
- ¿Cómo les ha ido con los maestros de obra y la utilización del sistema?
- ¿Cuáles disciplinas tienen más dificultades para acoplarse al sistema?
- ¿Qué tanto nivel de detalle maneja los consultores para BIM?
- Que otras empresas conocen que manejen BIM. Si conocen alguna empresa que se dedique a la modelación BIM. ¿Contactos?
- ¿Qué tiempo o estimado les toma la modelación? ¿Cómo lo manejan por m2? Alguna idea. R/ estiman un tiempo más largo si hay que aprender el Revit, puede ser unos 3 meses. Muestra el ejemplo de una planta de tratamiento que ellos habían hecho.
- ¿Cómo se hace la extracción de información del modelo para los presupuestos, cronogramas? ¿Se realiza manual por medio del BIM Manager?
- ¿Cuántos proyectos han ejecutado con BIM?
R/ En este momento están trabajando con 10 proyectos
- ¿Han trabajado modelos AS BUILT con el BIM? ¿Cómo los traspasan a los clientes?
- R/ se visita los proyectos una vez por semana para actualizar la información constantemente. Actualmente NO se entregan a los clientes. La mayoría no tiene ni equipo para verlo.

Anexo 5. Entrevistas con Ingenya y Bilco. Fuente: Propia

Interference Report

Interference Report Project File: C:\Users\Andres\Desktop\Tesis\TFGR\Estructural-arquitectonico\TFGR_PLANTA PRINCIPAL_EST-ARQ_15052019.rvt

Created: Wednesday, May 15, 2019 10:37:15 AM

Last Update:

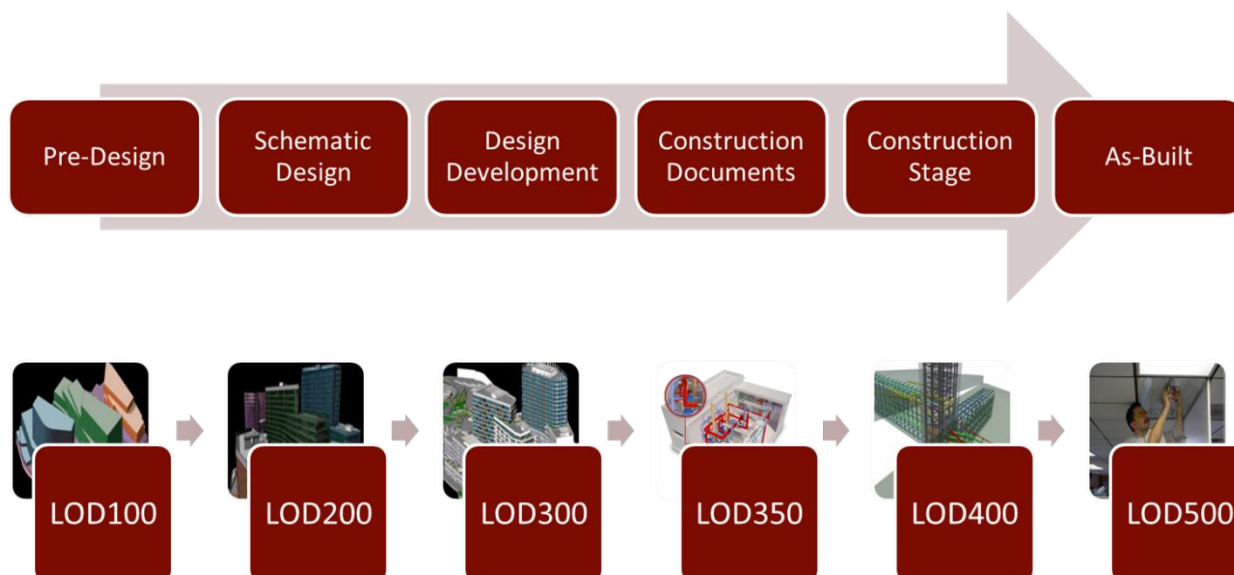
	A	B
1	Floors : Floor : Generic 150mm : id 298569	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353485

- | | | |
|----|---|---|
| 2 | Walls : Basic Wall : Foundation - 30cm
CARCAMO : id 329091 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353495 |
| 3 | Walls : Basic Wall : Foundation - 300mm
Concrete : id 334669 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353483 |
| 4 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 351021 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381346 |
| 5 | Generic Models : CABEZAL
PLUVIAL2 : CABEZAL PLUVIAL2 : id 374473 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353381 |
| 6 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 367451 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353383 |
| 7 | Generic Models : CABEZAL PLUVIAL
: CABEZAL PLUVIAL : id 371735 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353411 |
| 8 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 376699 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353417 |
| 9 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 376835 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353419 |
| 10 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 377665 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353419 |
| 11 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 368492 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353433 |
| 12 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 368851 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353443 |
| 13 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 376835 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353453 |
| 14 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 377665 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y pluvial : id 353453 |
| 15 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378577 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia residual : id 353489 |
| 16 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378944 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia residual : id 353489 |
| 17 | Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378950 | TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia residual : id 353489 |

- 18 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378935
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia residual :
id 353491
- 19 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378938
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y
pluvial : id 353519
- 20 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 368492
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y
pluvial : id 353521
- 21 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 379282
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y
pluvial : id 353523
- 22 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 379285
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia sanitaria y
pluvial : id 353523
- 23 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 368492
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial65 :
Pozo Pluvial : id 353610
- 24 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 376321
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial88 :
Pozo Pluvial : id 353886
- 25 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 376321
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial89 :
Pozo Pluvial : id 353898
- 26 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 367451
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial93 :
Pozo Pluvial : id 353946
- 27 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378947
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial96 :
Pozo Pluvial : id 353982
- 28 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378935
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial97 :
Pozo Pluvial : id 353994
- 29 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378938
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial99 :
Pozo Pluvial : id 354018
- 30 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 369085
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial104 :
Pozo Pluvial : id 354078
- 31 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 369085
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial105 :
Pozo Pluvial : id 354090
- 32 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 378074
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Generic Models : Pozo Pluvial114 :
Pozo Pluvial : id 354198
- 33 Walls : Basic Wall : MURO
CONTENCION BLOCK : id 368231
TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS
MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id
381316

34	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 368231	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381318
35	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 376227	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381512
36	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 376699	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381330
37	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 377656	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381408
38	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 377674	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381410
39	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378569	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381358
40	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378928	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381354
41	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378928	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381356
42	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378928	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381358
43	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378928	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipe Fittings : M_Tee - PVC - Sch 40 : Standard : id 381418
44	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 378935	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381400
45	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 379687	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381326
46	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 379715	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381326
47	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 379718	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381326
48	Walls : Basic Wall : MURO CONTENCION BLOCK : id 379718	TFGR_PLANTA PRINCIPAL_SISTEMAS MECÁNICOS_15052019.rvt : Pipes : Pipe Types : tuberia POT : id 381328

End of Interference Report



Anexo 7. Nivel desarrollo. Fuente: CMCS 1



Anexo 8. 7 Dimensiones BIM. Fuente: Hildebrandt Gruppe

