UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO

FACULTAD DE POSTGRADO

Máster en gestión de la construcción

TRABAJO DE TITULACIÓN

Proyecto de Investigación

TEMA:

"IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PRODUCCIÓN Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN"

AUTORES: GONZALO SIMÓN UBILLA HAZ

CARLOS ANDREE GAMARRA MARGARY

SAMBORONDON, 2023

DEDICATORIA

Primero a Dios, por darme la oportunidad de finalizar este proceso académico guiándome con sabiduría y constancia.

A mis padres y hermanos, quienes con su amor y comprensión me han acompañado en cada momento de mi vida académica. A mi Ñaña Esperanza por ser mi inspiración para ser una mejor persona cada día, enseñándome que no hay otro camino hacia el progreso más que la educación.

Finalmente, a mi Esposa y mi hijo, compañeros de mi vida que con su alegría y cariño me dan las fuerzas necesarias para seguir siempre hacia adelante.

Gonzalo Simón Ubilla Haz

Este trabajo está dedicado a mis padres Carlos y Mayra quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía y el temor a Dios. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Dios, patria y libertad.

Carlos Andree Gamarra Margary

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a Dios por permitirme consolidar mi formación profesional, a la Directora de Carrera, Ing. Cecibel Zambrano y nuestro Tutor el Arq. Pablo Cacuango por sus conocimientos impartidos, disposición y apoyo durante la elaboración de la presente investigación.

Gonzalo Simón Ubilla Haz.

Quiero expresar mi gratitud a Dios por permitirme consolidar mi formación profesional, así como también agradecer a la Directora de Carrera, Ing. Cecibel Zambrano y a nuestro Tutor, el Arq. Pablo Cacuango, por compartir sus conocimientos, demostrar su disposición y brindar su apoyo durante la elaboración de la investigación

Carlos Andree Gamarra Margary.

“IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PRODUCCIÓN Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN”

Ing. Gonzalo Simón Ubilla Haz, Carlos Andree Gamarra Margary

Arq. Pablo David Cacuango Merino

RESUMEN

En la actualidad la mayoría de las obras publicas sufren deficiencias en la etapa de planeación teniendo impactos negativos en las variables de tiempo y costo del proyecto, afectando la rentabilidad de constructores y a usuarios finales. La encuesta realizada en la presente investigación a 36 profesionales identifico que el 91,7% ha tenido retrasos en sus tiempos de ejecución y el 94.4% ha tenido aumento en sus costos de producción. El propósito de esta investigación es implementar la metodología Building Information Modeling (BIM) en un proyecto en particular de alcantarillado sanitario en la localidad de Ballenita y realizar un análisis comparativo con la metodología tradicional de construcción de proyectos. Durante la implementación BIM se realizó un modelo paramétrico en el software REVIT de los principales elementos del alcantarillado sanitario como tuberías, pozos de inspección, cajas domiciliarias, excavaciones y rellenos. En base a este modelo se obtuvo cantidades reales de obra, de donde se obtuvo como resultado una diferencia del 0,04% en el presupuesto inicial. Se realizó una planificación 5D en el software NAVISWORK para obtener una simulación constructiva con los tiempos y costos de cada rubro como una herramienta de control de obra. A partir de los planos de detalle generados en el REVIT se implementaron cambios en la planificación inicial y se trabajó

con prefabricados en los rubros de pozos de inspección y cajas domiciliarias, modificando la ruta crítica del proyecto obteniendo una reducción del tiempo de ejecución del 19.11%, lo cual significo también ahorro en gastos variables del proyecto.

Palabras Claves: *BIM, planificación, alcantarillado, tiempo de ejecución***.**

“IMPLEMENTACIÓN BIM EN LA CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA OPTIMIZAR COSTOS DE PRODUCCIÓN Y TIEMPOS DE EJECUCIÓN”

Ing. Gonzalo Simón Ubilla Haz, Carlos Andree Gamarra Margary

Arq. Pablo David Cacuango Merino

SUMMARY

Currently, most public works suffer from deficiencies in the planning stage, having negative impacts on the variables of time and cost of the project, affecting the profitability of builders and end users. The survey carried out in the present investigation to 36 professionals identified that 91.7% have had delays in their execution times and 94.4% have had an increase in their production costs. The purpose of this research is to implement the Building Information Modeling (BIM) methodology in a particular sanitary sewer project in the town of Ballenita and perform a comparative analysis with the traditional project construction methodology. During the BIM implementation, a parametric model was made in the REVIT software of the main elements of the sanitary sewer such as pipes, inspection wells, residential boxes, excavations and fills. Based on this model, real amounts of work were obtained, from which a difference of 0.04% was obtained in the initial budget. A 5D planning was carried out in the NAVISWORK software to obtain a constructive simulation with the times and costs of each item as a work control tool. Based on the detailed plans generated in REVIT, changes were implemented in the initial planning and work was done with precast elements in the areas of inspection wells and home boxes, modifying the

critical path of the project, obtaining a reduction in execution time of 19.11%, which also meant savings in variable costs of the project.

Keywords:*BIM, planning, sewerage, execution time*

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA 2

AGRADECIMIENTO..... 5

RESUMEN..... 6

SUMMARY 8

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I..... 2

1. Antecedentes 2

1.1 Descripción del Problema..... 3

1.2 Alcance y Delimitación del Objeto 3

1.3 Hipótesis y Variables..... 5

1.4 Objetivos Generales y Específicos 5

1.5 Justificación..... 6

1.6 Título Propuesto 7

CAPÍTULO II 8

2. Marco Teórico..... 8

2.1 BIM..... 8

2.2 PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS. 26

2.3 Marco Legal 32

CAPÍTULO III 41

3. Metodología 41

3.1 Diseño de la Investigación 41

3.2 Cronograma interno de trabajo 47

3.3 Conceptualización y operacionalización de las variables 48

3.4 Población y Muestra (Modelo de Encuesta) 49

4. Desarrollo 55

4.1 Análisis de estado actual en la planificación y control de obras en la construcción ecuatoriana. (Resultados de encuestas). 55

4.2 ANALISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIA TRADICIONAL E IMPLEMENTACION BIM 102

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 127

BIBLIOGRAFÍA 110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Diferentes tipos de LOD. 11

Tabla 2.- Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización COOTAD, Art. 31- a,b,f. 32

Tabla 3.- Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización COOTAD, Art. 55- a,b,d 33

Tabla 4.- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1754. Requisitos de depuración de Aguas Servidas. 34

Tabla 5.- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1752. Requisitos para eliminación de residuos líquidos. 35

Tabla 6.- Ley Orgánica de Recurso Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 37 36

Tabla 7.- Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 38. ... 37

Tabla 8.- Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 39 37

Tabla 9.- Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 40 38

Tabla 10.- Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 41. . 39

Tabla 11.- Código Orgánico del Ambiente. Art. 37 41

Tabla 12.- Cracterísticas generales del contrato de obra 72

Tabla 13.- Tarea Críticas 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Provincia de Santa Elena y Sector de Estudio Brisas de Ballenita. 4

Figura 2.- Nivel de madurez de BIM Bew-Richards. 13

Figura 3.- Nivel de madurez de BIM (a) Metodología Tradicional (b) Metodología BIM 19

Figura 4.- Organigrama de un proyecto BIM 23

Figura 5.- Valor Ganado, Valor Planificado y Costo Real. 31

Figura 6.- Área de influencia del proyecto 70

Figura 7.- Biodigestores de capacidad de 55000lts 71

Figura 8.- Plano georreferenciado del diseño e implantación de la red de alcantarillado sanitario. 73

Figura 9.- Plano de detalles técnicos de pozos de inspección 74

Figura 10.- Presupuesto de obra con cantidades de obra y precios unitarios 75

Figura 11.- Modelado 3D de Pozos de inspección Tipo I y II, y parametrización de datos. 88

Figura 12.- Modelo 3D de caja domiciliaria, tapa de hormigón y parametrización de datos. 89

Figura 13.- Modelo 3D de tuberías de diámetro externo 175mm y 220mm. 90

Figura 14.- Modelo 3D de tuberías en tirantes y parametrización de datos de Biodigestores.... 91

Figura 15.- Modelado 3D de cama de arena, mejoramiento, replantillo y parametrización de datos. 92

Figura 16.- Modelado 3D de excavaciones en Pozos de inspección, cajas domiciliarias y zanjas de terciarias, colectoras y tirantes. 94

Figura 17.- Diagrama de Gantt. Metodología Tradicional. 103

Figura 18.- Diagrama de Gantt. BIM..... 104

INTRODUCCIÓN

Según datos del año 2016 del ARCA (Agencia de Regulación y Control del Agua) solo el 51% de la población del país tiene el servicio básico de alcantarillado Sanitario y tan solo el 10% de aguas residuales poseen algún nivel de tratamiento, en el Cantón Santa Elena la cobertura del alcantarillado Sanitario es de aproximadamente 20,76%. El proyecto de alcantarillado sanitario en análisis en la presente investigación consiste en la construcción de aproximadamente 14 km de tuberías de redes de alcantarillado sanitario para varios sectores del cantón Santa Elena tales como Juan Montalvo, Buenos Aires y Brisas de Ballenita.

En el Cantón Santa Elena, las deficientes prácticas de planificación y control de obras han afectado la mayoría de las obras de alcantarillado sanitario las cuales sufren retrasos en la ejecución y aumento de costos de producción, ocasionando una baja rentabilidad en constructores y causando malestar en el día a día de la población ubicada en el área de influencia del proyecto, por lo que es necesario el uso de modernas herramientas en la gestión de proyectos que permitan lograr administraciones eficaces.

Para nuestro caso de estudio se implementará la metodología BIM en la fase de planificación y ejecución del proyecto en el sector puntual de Brisas de Ballenita a lo largo de tres meses, en el cual se buscará reducir los tiempos de ejecución y costos de producción de los rubros más representativos del proyecto de alcantarillado y comparar los beneficios de esta metodología en relación a la Tradicional con la cual se ejecutaron los otros sectores.

CAPÍTULO I

1. Antecedentes

Los autores Paguay Monteros Frank Marcos y Reyes Cruz Jhonny David en su tesis de grado titulada “Interacciones entre BIM y LEAN para la innovación de procesos de construcción en Ecuador” que data del 20 de agosto de 2020, establecen a través de un análisis comparativo que las funcionalidades de la metodología BIM aplicados al sector de la construcción se encuentran en curva de aprendizaje y que su implementación generaría una obtención de mayor rendimiento en la productividad.

Los autores Andrade Valle, Alexis Iván, Claudio Espinel, Yadira Estefany Salazar Ocaña y Reychelt Mariana, en su trabajo de investigación titulado “Causas del bajo nivel de uso de la metodología BIM, sujeto de estudio 23 proyectos privados del Ecuador” fechado el 25 de mayo del 2022, mediante análisis de datos señalan que las causas de falta de implementación de la metodología BIM en los sectores del Ecuador se deben a factores de inversión y falta de capacitación en aplicación de metodología BIM.

Los autores Cabezas Escurra, Lucio Francisco, Cortés Montúfar, Gustavo Enrique, Ramírez Mendoza, Manuel Aufredy, Santa Cruz Alcántara, Antonio Gabriel, en su tesis de grado titulada “Uso de la metodología BIM para la mejora del Proyecto de Habilitación Urbana, San Antonio de Pachacamac, Etapa 7 – Manchay”, que data del 21 de junio 2019, señala la importancia de la implementación de la metodología BIM en los proyectos de habilitación urbana debido que este permite la automatización del proyecto y reduce los reprocesos.

La metodología BIM aplicada en la industria de la construcción en el Ecuador es un área poco explorada y escasamente implementada, a pesar de que esta permite obtener optimización de recursos, aumento de la productividad y rentabilidad del área de la construcción y reduce errores que se dan con el método convencional. No obstante, el presente trabajo investigativo permitirá evidenciar los beneficios de implementar esta metodología en proyectos de obras públicas que permitan garantizar la entrega oportuna del proyecto contratado.

1.1 Descripción del Problema

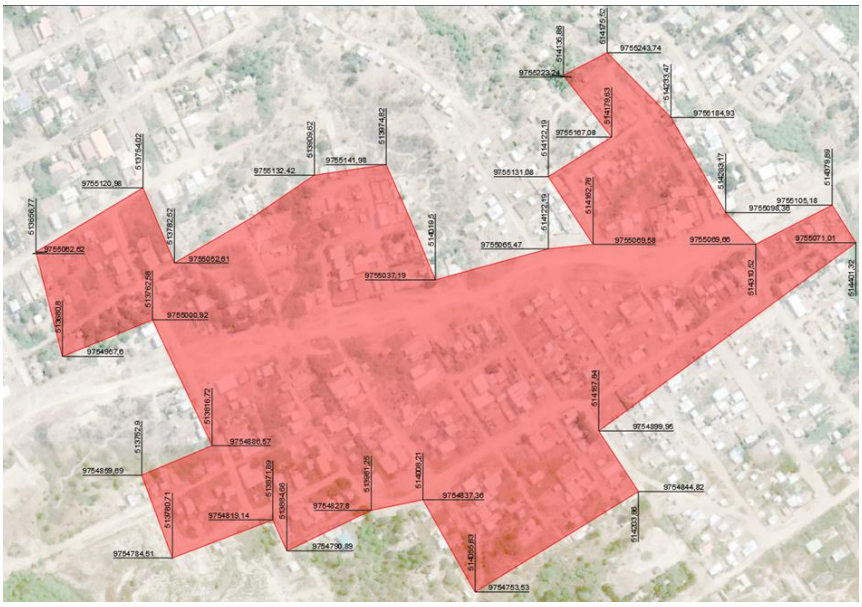
Pérdida de recursos y retrasos del plazo de ejecución debido a las malas prácticas de planificación y control de obra del proyecto del alcantarillado sanitario ocasionando un impacto negativo tanto en el constructor como en los beneficiarios de la obra.

1.2 Alcance y Delimitación del Objeto

La presente investigación se realizará en los sectores Brisas de Ballenita, Buenos aires y Juan Montalvo pertenecientes al cantón Santa Elena de la provincia de Santa Elena, mismo que se realizará durante un lapso de 100 dias del proyecto en ejecución (tiempo de ejecución de proyecto, 10 meses), en el que se demostrará que con la aplicación de la metodología BIM en la planificación y control de obra del alcantarillado sanitario se reducirá el costo de producción y el tiempo de ejecución.

Figura 1.-

Provincia de Santa Elena y Sector de Estudio Brisas de Ballenita.



Fuente: Elaboración Propia

1.3 Hipótesis y Variables

Hipótesis: La implementación de la metodología BIM en la planificación y control del proyecto de alcantarillado a partir del diseño disminuirá el costo de producción (costo de instalación de tubería) y reducirá aproximadamente el tiempo de ejecución en un 15 por ciento.

Variable Independiente: Diseño del alcantarillado sanitario

Variables Dependientes: Costos de producción y tiempo de ejecución

1.4 Objetivos Generales y Específicos

1.4.1 Objetivo General

Implementar metodología BIM en la fase de construcción del proyecto de alcantarillado sanitario para la optimización de tiempo y recursos.

1.4.2 Objetivo Específicos

a. Elaborar un modelo paramétrico 5D –LOD 350 utilizando Autodesk Revit a partir de los planos 2D del proyecto.
b. Integrar el modelo paramétrico con la programación de obra enlazándolo con herramienta Navisworks
c. Determinar y analizar los beneficios de la implementación BIM en la planificación y control de la obra durante su ejecución

1.5 Justificación

En la actualidad los sectores Brisas de Ballenita, Juan Montalvo y Buenos Aires del Cantón Santa Elena, provincia Santa Elena tienen una población total de 2164 habitantes de los cuales 1195 habitantes en Brisas de Ballenita, 413 personas en el sector de Juan Montalvo y 556 en el sector de Buenos Aires. Todos estos sectores no cuentan con un adecuado alcantarillado sanitario, disminuyendo su calidad de vida, por lo cual la institución pública encargada del alcantarillado sanitario, pluvial y tratamiento de agua potable dentro de la jurisdicción territorial, realizará un proyecto de aproximadamente 14 km de red alcantarillado sanitario para satisfacer las necesidades de la población y así mejorar sus condiciones de vida.

Los proyectos de obra pública ejecutados con metodologías convencionales de planificación y control, se ven afectados por diferentes aristas tales como plazos de ejecución que pueden prorrogarse hasta un 15% , costos de producción que aumentan hasta un 5% de acuerdo a lo planificado, cronogramas de trabajo, rediseños durante la construcción; teniendo un impacto económicos negativo tanto en los constructores de estos proyectos, debido a la generación de pago de multas por retraso establecidos en cláusulas contractuales, disminución de la utilidad; así como en los usuarios finales, es decir, la población, que no puede disfrutar de una mejoría en sus condiciones de vida por no entregarse la obra en el tiempo estipulado, y en los problemas que se generan por el tiempo de construcción.

Los modelos digitales de información en la construcción (BIM) son considerados como una metodología eficiente para planificar, dar seguimiento y controlar proyectos por medio de visualización de estos, mediante la simulación de proyectos.

La implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la planificación del proyecto de construcción del alcantarillado sanitario contemplara el uso de herramientas tecnológicas y softwares para elaborar modelos paramétricos que nos ayudaran para un eficiente cómputo y asignación de especificaciones técnicas de los materiales del proyecto, el cual se integrara con el cronograma valorado de la obra , permitiendo así generar simulaciones en tiempo real de avances del proyecto, facilitando la toma de decisiones durante el control de su ejecución. Para esto se recopilará los datos actuales de personal, rendimientos y recursos asignados a los rubros del proyecto en ejecución, luego se analizará interferencias de recursos, inadecuada asignación de personal en rubros, falta de capacitación del personal, para realizar una reprogramación adecuada de obra y así poder disminuir tiempos de ejecución aumentando la productividad.

En el Ecuador actualmente el porcentaje de uso BIM en las diferentes fases de un proyecto de obra pública es muy bajo, por eso desde los diferentes actores del sector de construcción deben nacer e impulsar iniciativas para su implementación, la cual, en países referentes como Estados Unidos, Reino Unido y otros, han logrado resultados positivos desde la optimización de recursos hasta la operación y mantenimiento de los proyectos.

1.6 Título Propuesto

Implementación BIM en la construcción del alcantarillado sanitario para optimizar costos de producción y tiempos de ejecución.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1 BIM

La definición más adecuada para BIM es que se trata de una metodología de trabajo que utiliza herramientas digitales para mejorar el flujo de información y su interpretación en el proyecto.

Por otra parte, tenemos que la metodología BIM contempla un trabajo colaborativo teniendo un impacto en todos los procesos de construcción, desde el diseño hasta la gestión de recursos para la realización de un proyecto. BIM abarca a todos los involucrados en el proceso de construcción; es decir, integra ingenieros, arquitectos, constructores, promotores, etc., establece primordialmente la comunicación entre todos los especialistas y da como resultado el modelo virtual del proyecto con toda la información necesaria para todo el ciclo de vida del proyecto (Deza, 2020).

En conclusión, podemos definir que el Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativo que por medio de modelos digitales y softwares permiten la interacción de todos los involucrados para facilitar la toma de decisiones durante las diferentes fases de un proyecto para la optimización de recursos.

2.1.1 Modelo Paramétrico

Un modelo paramétrico es una representación digital de elementos caracterizados por parámetros y reglas, estos constituyen una base de información tanto como de su geometría,

material, costo y otros. Una de las ventajas de los modelos paramétricos es que se pueden integrar a softwares de programación de obras para realizar simulaciones de avances de obra.

"Este tipo de modelos deben cumplir ciertas reglas para ser denominados paramétricos y poder ser parte de un proceso BIM" (Liston et al., 2008).

- Ser digital
- Espacial 3D
- Los componentes deben ser fácilmente identificados y que se puedan asociar a reglas paramétricas.
- Ser paramétrico: incluir información sobre el comportamiento de sus componentes como propiedades mecánicas, eléctricas, lumínicas, secuencia constructiva e instalación, materiales, dimensiones, relaciones entre elementos, etc. (Vandezande et al., 2011)
- Permitir realizar análisis posteriores como, estructural, energético, iluminación, cantidades de obra y presupuesto.
- Conscientes y no redundantes: cuando se realiza una modificación de un elemento y automáticamente todas las vistas generadas en el modelo.
- Coordinado: vistas y los análisis que se realicen en el modelo se deben realizar en procesos ordenados.
- Mesurable: el modelo debe ser cuantificable y poder ser dimensionado.
- Entendible: la herramienta debe ser comprensible para la construcción.

- Accesible para todos los actores que intervienen en el proyecto de construcción mediante una interfaz intuitiva.
- El modelo debe poder usarse durante todas las fases del proyecto, esto implica desde la concepción hasta la operación y puesta en marcha y mantenimiento.

2.1.2 Nivel de Desarrollo (Level of Development LOD)

"El nivel de desarrollo se define como la calidad de la información de los elementos del modelo. Los niveles de desarrollo buscan mostrar la información que cada fase necesita" (González, 2015)

También conocido como LOD (Level of Development) varios autores lo definen como una escala que informa de hasta qué punto se ha desarrollado un elemento del modelo, en cuanto a su geometría y la información relacionada con el elemento.

A continuación, se detallan en la siguiente tabla los diferentes tipos de LOD.

Tabla 1.-

Diferentes tipos de LOD.

LOD	DESCRIPCIÓN
100	Diseño conceptual, el modelo aporta una visión general básica de orientación y área.
200	Visión general con información de magnitudes aproximadas, tamaño, forma, localización y orientación. El uso que se da es simplemente incrementar la capacidad de análisis. Las meiciones son aproximadas y no definitvas.
300	Se tiene información y geometría precisa, con algún detalle constructivo y medidas más precisas, con un nivel de detalle importante pero no completo.
350	El elemento modelado es representado graficamente como un sistema específico, objeto o ensamblaje en terminos de cantidad, tamaño, forma, orientación e interfases con otras disciplinas.
400	Contiene el detalle necesario para la fabricación o construcción y el nivel de mediciones es exacto.
500	Este nivel de desarrollo representa el proyecto ya construido, son las condiciones conforme ha sido construido. El modelado es adecuado para el mantenimiento y la gestion del proyecto.

Fuente: (Goyzueta, 2016)

2.1.3 Niveles de detalle de BIM

Un modelo paramétrico según la NBS (National BIM Survey) empresa responsable de la elaboración de los Estándares Nacionales para el Reino Unido (UK), definen la madurez del BIM en 4 Niveles.

Nivel 0: Herramientas CAD sin gestión.

Nivel 1: En este nivel se empiezan a utilizar elementos en 2D y 3D y el CAD es Gestionado. Existen de formatos y estándares (BS 1192:2007). La información es llevada de forma individual. No existe integración entre los involucrados.

Nivel 2: El 3D es gestionado y este contiene información (BIM). Este nivel se basa en la colaboración y puede utilizarse Programación 4D y 5D Costos

Los modelos usados comúnmente para el diseño integrado y detección de interferencias son:

a. Arquitectura Architecture (AIM)
b. Structure (SIM)
c. Façilities (FIM)
d. Building services (BSIM)
e. Building services information model (BSIM)
f. Bridge information model (BrIM)

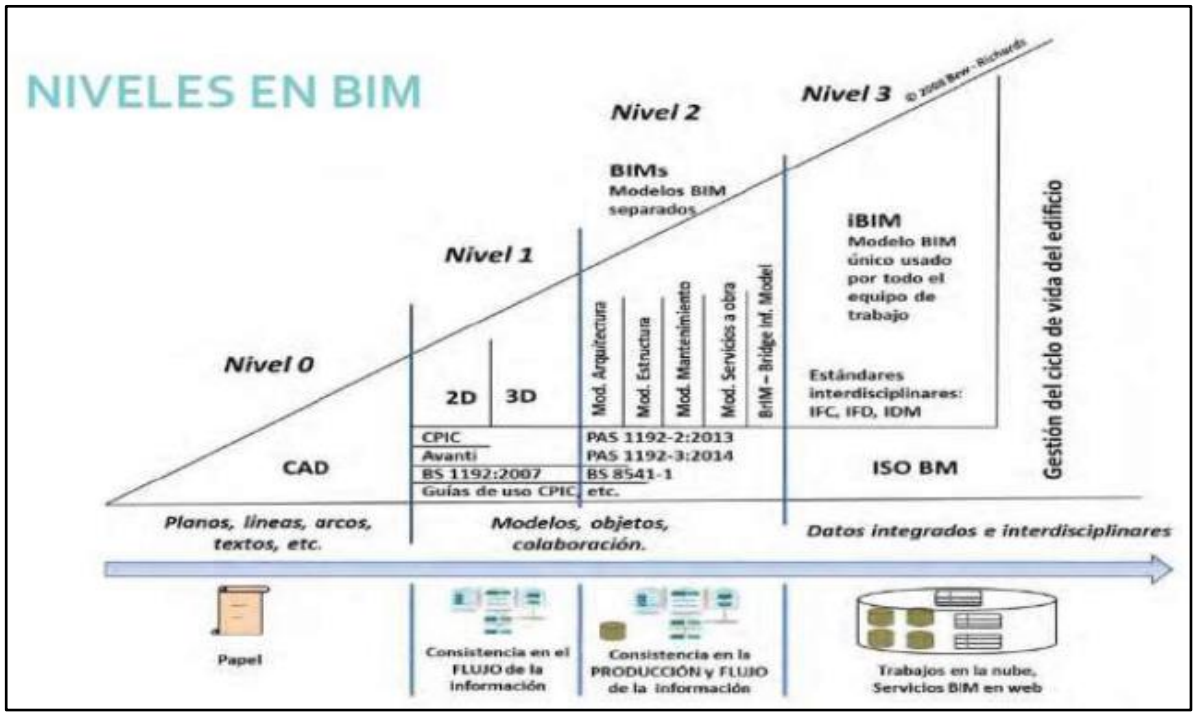
Nivel 3: Este nivel indica la completa integración y tiene el poder de mitigar riesgos. Los procesos y la información son totalmente gestionados a través de un software. Gestión colaborativa a través de un servidor. Considerado como iBIM (Integrated BIM) o BIM integrado potencialmente en procesos de ingeniería concurrente.

En el Nivel 3 ya se puede trabajar todo el Ciclo de vida de un edificio, tal y como veremos a continuación, y para ello lo definimos como Integrated BIM o Práctica Integrada.

La siguiente figura muestra los diferentes niveles de trabajo en BIM, atendiendo a: (de forma horizontal de arriba abajo) las Formas de trabajo, Los Formatos de archivo usados, los Estándares y las Herramientas empleadas:

Figura 2.-

Nivel de madurez de BIM Bew-Richards.



Nota. El gráfico representa el nivel de madurez BIM en la gestión del ciclo de vida del edificio.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/The-UK-maturity-Model-Bew-Richards-2008_fig3_279293516

2.1.4 EL Ciclo de vida de un Proyecto BIM

La metodología BIM abarca todas las etapas de un proyecto y la información recopilada en las primeras fases es crucial para todo el ciclo de vida del proyecto. Cada etapa tiene tareas específicas y características únicas. Aunque las tareas en cada etapa son distintas, se integran en un modelo único, lo que tiene un impacto en las etapas siguientes. Entre los objetivos que se buscan alcanzar con la metodología BIM, se incluyen los siguientes:

- En la fase de ejecución, la metodología BIM ofrece una serie de beneficios, como un mayor control en el desarrollo de la obra mediante una coordinación efectiva con la documentación, la detección de interferencias entre ingenierías, la capacidad de realizar rediseños y correcciones antes de la construcción y la planificación mediante simulaciones de la secuencia de construcción.

- La idea de almacenar toda la información en un único lugar es lograr la integralidad y la interoperabilidad necesarias para que los actores del proyecto, desde los diseñadores hasta los usuarios finales, puedan acceder fácilmente a la información necesaria.

-Planos As-Built antes de la fase de construcción.

A lo largo del ciclo de vida de un proyecto, este se puede dividir en tres fases: Diseño, en la cual se establecen las bases y diseños del proyecto, ejecución, que es la etapa donde se desarrolla físicamente la construcción de la obra y finalmente la etapa de mantenimiento. (González, 2015)

2.1.4.1 Fases del Diseño

Durante la fase de diseño, se crean los bocetos iniciales que conducen a un proyecto tentativo y, finalmente, a un proyecto ejecutable que incluye toda la documentación necesaria. Actualmente, en la mayoría de los procesos de contratación pública, los diseños se entregan en formato CAD, aunque lo ideal sería implementar la metodología BIM desde la fase inicial. En esta etapa de diseño, se parte de un proyecto de ejecución base y se llega a un proyecto de ejecución definitiva (modelo paramétrico) o planos As-Built. El modelo contiene información sobre la geometría, los parámetros físicos y constructivos, como la resistencia de materiales, los costos, los proveedores, etc. A partir de esta información, se modela el proyecto con el Nivel de Desarrollo (LOD) para cada elemento que se integrará en el proyecto de ejecución definitiva. De este modo, todos los aspectos constructivos sirven para realizar mediciones, informes y valoraciones del proyecto.

2.1.4.2 Fase de Ejecución

Durante la fase de ejecución, se lleva a cabo la construcción física del proyecto, continuando así con lo que se diseñó previamente. En algunos casos, se puede actualizar la información del modelo durante esta fase, ya que pueden surgir cambios por requerimientos del cliente o por condicionantes externos. Con la metodología BIM, se busca minimizar los cambios de diseño durante la ejecución del proyecto, pero siempre habrá cambios que se deberán reflejar en los entregables finales, como los planos ejecutados o los modelos as-built. Durante esta fase, se utilizan herramientas de gestión, como software de simulaciones y planificación de obra, para

realizar un seguimiento oportuno de lo que se está ejecutando, así como para generar informes de avance o detectar retrasos en la obra.

2.1.4.3 Fase de Mantenimiento

La fase de mantenimiento es de suma importancia en el ciclo de vida del proyecto para garantizar la calidad en la entrega de un servicio. El propósito de la metodología BIM es implementar este proceso de mantenimiento en cada proyecto. En la mayoría de los casos, las tareas de mantenimiento quedan a cargo del cliente final, quien normalmente es una persona que no está relacionada con la construcción y que no ha estudiado la técnica, por lo tanto, es importante saber comunicar adecuadamente la información recopilada durante el proyecto. En las primeras etapas de diseño e implementación, todos los actores involucrados deben conocer el software operativo y trabajar con diferentes programas, pero siempre unidos en un formato común. Debería ser lo mismo para el cliente final, es necesario entender la interacción que ofrece la metodología BIM y convertir la información a un formato amigable. Muchas empresas han desarrollado software de mantenimiento BIM tales como YouBIM, Autodesk PLm360, IBM Maximum Integration (González, 2015)

Los softwares mencionados se basan en la correlación entre los parámetros de información BIM y el modelo 3D, lo que los hace de gran utilidad para los clientes finales sin conocimientos técnicos avanzados. A menudo, estos clientes no desean invertir en el aprendizaje de software BIM ni en licencias de uso, y buscan soluciones simples para administrar sus instalaciones. En este sentido, las compañías desarrolladoras de software convierten la información generada durante el proceso en una plataforma en línea accesible desde cualquier dispositivo móvil. De esta manera,

el cliente puede visualizar sus instalaciones, seleccionar los elementos que desea revisar y acceder a toda la información generada en un modelo virtual con solo un clic. Si es necesario, también puede consultar manuales, revisiones de aplicaciones, informes de errores, fabricantes o instaladores y sus contactos. Con los programas de mantenimiento BIM, es posible visualizar fácilmente el modelo del proyecto, identificar el fabricante de una pieza y acceder a su información de contacto.

2.1.5 Coordinación BIM

"La característica primordial de un trabajo adecuado es la coordinación entre sus diferentes actores, por lo tanto, el primordial aporte de BIM para el proceso de vida de un trabajo está en su capacidad de mejorar la coordinación integrada" (Goyzueta y Puma, 2016).

Durante este proceso, la digitalización o simulación en BIM proporciona aportes significativos al establecer un lenguaje común de trabajo para arquitectos, ingenieros y constructores, permitiendo un nuevo sistema de comunicación centrado en una base de datos exclusiva conocida como "Modelo BIM". BIM presenta un nuevo sistema de trabajo para todas las disciplinas, lo que requiere un cambio significativo en la forma en que se trabaja actualmente. BIM es una metodología para la gestión de información en todas las fases del proyecto, desde la conceptualización y el desarrollo de informes, métricas y presupuestos hasta la organización y el control de la obra, culminando con la operación de cualquier tipo de construcción. Todo esto se basa en una amplia gama de software que respalda la filosofía BIM.

2.1.5.1 Comunicación

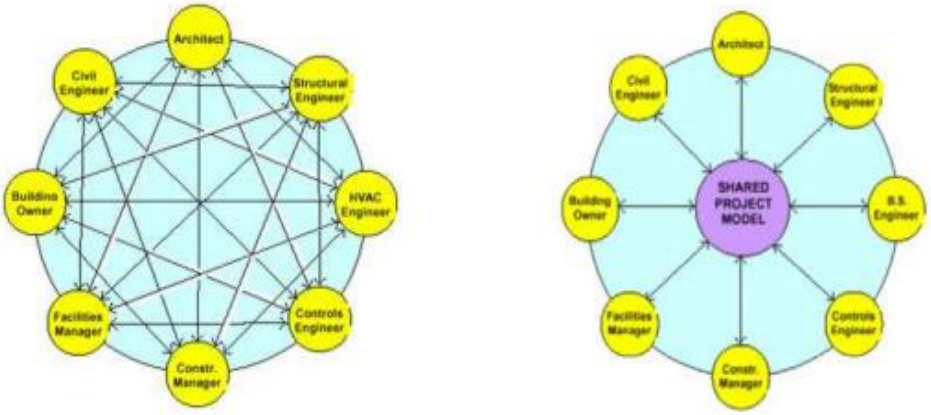
Una gestión de proyectos efectiva se caracteriza por una buena comunicación. Por lo tanto, es importante contar con las directrices necesarias para lograr este objetivo. La falta de comunicación es una debilidad común en los proyectos de construcción, ya que existen diferentes tareas asignadas y los canales de comunicación son a menudo inadecuados, lo que puede resultar en errores evitables. Además, la retroalimentación entre los actores también es un problema común. Con poco tiempo disponible para reuniones y planificación detallada, la mayoría de los errores y malentendidos pueden originarse desde el inicio del proyecto. La metodología BIM busca resolver estos problemas mediante una combinación de actividades de comunicación y herramientas adecuadas desde el inicio del proyecto.

Esta metodología incorpora una cultura de trabajo colaborativa entre los involucrados para que puedan trabajar juntos de una manera eficaz y eficiente, esto se lleva a cabo mediante softwares que facilitan el acceso a información posibilitando una comunicación efectiva con retroalimentación para disminuir errores. (González, 2015)

Los siguientes esquemas muestran el flujo de comunicación en una práctica tradicional (a) y en un modelo BIM (b). En la práctica tradicional, no existe un punto central de comunicación entre los actores, lo que resulta en una comunicación en múltiples direcciones y puede provocar pérdida de tiempo y errores. En cambio, en el modelo BIM, todos los actores trabajan de forma colaborativa alimentando, modificando y obteniendo información de un solo modelo, lo que permite una comunicación más eficiente y reduce los errores.

Figura 3.-

Nivel de madurez de BIM (a) Metodología Tradicional (b) Metodología BIM



a **b**

Nota: El grafico muestra una comparativa entre la metodología tradicional y la metodología BIM donde se aprecia que la metodología BIM involucra a todos los actores y disciplinas para llegar a la obtención de un modelo final. Fuente: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56357/TFM%202015%20CARLOS%20GONZALEZ.pdf?sequence=1

2.1.5.2 Integración

La integralidad se relaciona directamente con una comunicación eficaz, ya que todo converge en un modelo único que servirá como eje central de las comunicaciones. La metodología BIM busca centralizar toda la información y documentación en un único lugar para evitar la fuga de información o datos duplicados, permitiendo así la integración de todas las disciplinas de forma física e interrelacionada en un modelo central. En contraste, con la metodología tradicional los proyectos se presentan en formato CAD con un conjunto de planos elaborados individualmente

por cada disciplina, trabajando en su área de conocimiento y consultando sobre el resto del proyecto de vez en cuando. Esta forma de trabajo individualizada suele generar errores comunes como interferencias entre instalaciones y arquitecturas, estructuras y acabados, entre otros.

La integración de todas las áreas funcionales de un proyecto puede lograrse a través de la elaboración de subproyectos a partir de un modelo general gestionado por un Project Manager. Estos subproyectos son desarrollados por especialistas en cada área y se actualizan de manera continua, lo que permite que todos los involucrados estén al tanto de los cambios y trabajen en colaboración para evitar errores.

En la metodología BIM, todas las tareas se realizan a partir del modelo compartido. Por ejemplo, el ingeniero estructural puede realizar su análisis de fuerzas desde el modelo, mientras que el área de arquitectura puede realizar mediciones instantáneas. Además, es posible generar presupuestos del proyecto y planificar trabajos específicos seleccionando elementos constructivos. Al tratarse de un modelo 3D, se pueden obtener vistas en planta para una mejor comprensión durante la construcción, entre otras funciones que se llevan a cabo a través de softwares. Esta integración se aplica durante todas las fases del proyecto, desde su diseño hasta su ejecución, mantenimiento y finalización de su vida útil.

2.1.5.3 Interoperabilidad

La interoperabilidad es la capacidad de integrar a los especialistas del proyecto y permitir una comunicación efectiva, lo que es fundamental en la metodología BIM. Los tres principios en los que se basa esta metodología están estrechamente relacionados. Dado que BIM utiliza diversas

herramientas tecnológicas, es importante que se permita la interconexión entre ellas. Esto significa que BIM tiene la capacidad de centralizar la información y hacerla accesible al mayor número de personas involucradas.

Todo esto se sintetiza en no promover el uso de archivos cerrados, se trata de facilitar la integración de los diversos softwares existentes adaptándolo al trabajo colaborativo. Uno de los fundamentos del BIM es mejorar los resultados de un proyecto poniendo al alcance de todo el equipo las herramientas tecnológicas necesarias (Muñoz, 2020)

2.1.6 Software BIM

Existen diferencias entre los programas de modelado 3D y las herramientas BIM, ya que para ser considerado como tal, el modelo no solo debe contener la geometría, sino también parámetros constructivos o arquitectónicos que puedan ser almacenados en una base de datos relacionales.

"Un software BIM emplea como entidades de trabajo principal objetos paramétricos de cualquier disciplina de manera Bidireccional, que son capaces de relacionarse entre ellos y de los que se puede extraer diversos tipos de información" (Goyzueta y Puma, 2016)

Dentro de los softwares BIM más utilizados podríamos mencionar los siguientes:

En el ámbito de la arquitectura, existen varias opciones de programas de modelado 3D que están diseñados para proyectos de geometría de media o baja complejidad. Entre ellos se encuentran REVIT Architecture de Autodesk, ALLPLAN de Nemetscheck y ARCHICAD de

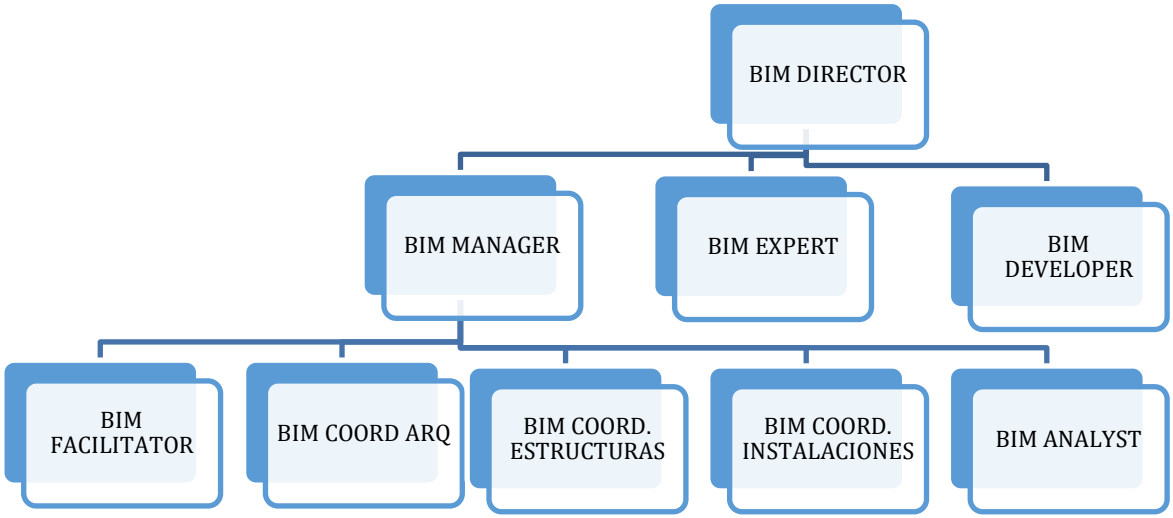
Graphisoft. Por otro lado, en la rama de cálculo, representación y visualización de estructuras, se encuentran Revit Structure de Autodesk, CYPECAD de CYPE y Tekla Structure de Trimble. Asimismo, para el desarrollo y representación de instalaciones, existen Revit MEP de Autodesk, CYPECAD MEP de CYPE y DDS-CAD MEP de Graphisoft. En cuanto a la planificación y el control de obras, hay opciones como Navisworks de Autodesk, Solibri y VICO de Trimble. En el área de análisis de costos, se encuentran Presto de Soft y Arquímedes de CYPE, y para visualización y detección de interferencias, BIMx de Graphisoft es una opción disponible.

Actualmente, existe un amplio mercado de software aplicables a la metodología BIM, los cuales se han convertido en herramientas confiables que permiten representar con precisión modelos virtuales de diseños arquitectónicos e ingenieriles complejos.

2.1.7 ROLES BIM

El éxito de un proyecto BIM no depende únicamente del dominio de las herramientas y softwares aplicables en la metodología, sino también de un trabajo colaborativo y una organización adecuada del personal mediante una estructura jerárquica con responsabilidades definidas. Según el tipo o complejidad del proyecto, es posible encontrar varias jerarquías, sin embargo, la estructura siempre debe garantizar una buena comunicación y ejecución del proyecto. A continuación, se muestra un ejemplo de organigrama en un proyecto BIM:

Figura 4.-
Organigrama de un proyecto BIM



Fuente: Elaboración propia

El BIM director es el responsable principal de la implementación de la metodología BIM en el proyecto. Bajo su liderazgo se encuentra el Desarrollador BIM, cuyo objetivo es crear aplicaciones y herramientas BIM que faciliten el trabajo y recibir retroalimentación de los demás actores del proyecto. El BIM manager es el encargado de gestionar el modelado del proyecto y coordinar todas las ingenierías del proyecto, incluyendo los coordinadores de arquitectura, estructuras e instalaciones, así como el analista BIM y el facilitador BIM. El BIM facilitator tiene como tarea brindar asistencia a los profesionales no especializados en BIM, mientras que el BIM

analista es el responsable de extraer datos, realizar simulaciones y análisis energéticos, entre otras tareas.

Los coordinadores BIM tienen la responsabilidad de garantizar la calidad del modelado y supervisar a los modeladores BIM que están a cargo de crear el modelo del proyecto en sus respectivas especialidades. Las tareas de los modeladores incluyen el diseño en 3D, la generación de datos paramétricos y la creación de materiales.

El especialista en BIM o BIM expert es responsable de la implementación y consultoría en la metodología BIM. Aunque puede estar externo al proyecto, su importancia no es menor que la de otros miembros del equipo.

2.1.8 Estándar BIM

La colaboración temprana y el desarrollo de un enfoque común son fundamentales en la fase de anteproyecto. Esto implica la adopción de un marco estándar compartido por todos los participantes del proyecto para asegurar una colaboración eficaz. El enfoque implica la creación de varios directorios que recopilan los aspectos relevantes de todas las disciplinas del proyecto. Se han identificado algunos de estos directorios como fundamentales:

a. **Familias:** Se debe establecer un plan de cuantificación gráfica que incluya tablas para columnas, paredes, pisos, techos, accesorios, entre otros. Cada tabla debe tener áreas específicas de interés, de acuerdo a las unidades comunes requeridas para realizar mediciones precisas. En otras palabras, los elementos que ocupan un área

determinada, como pisos o techos, se definirán en el campo "Área", mientras que los elementos lineales, como columnas, se definirán por su longitud. Otros elementos, como las zapatas, se definirán por su volumen. Además, se podrán incluir otros parámetros como fase, nivel base, nivel final, entre otros.

b. **Planos:** Se elaborarán planos en distintos tamaños estandarizados, los cuales tendrán un cuadro definido por la persona responsable de los estándares en el que se registrarán los parámetros relevantes, como la empresa, el desarrollador, la fecha, el nombre del documento, la revisión, entre otros.

c. **Leyendas:** Se trata de establecer cuadros de texto estandarizados que sean aplicables en todas las disciplinas del proyecto.

d. **Plantillas:** Se abrirá un archivo específico de familia de plantilla al inicio del modelado en cada disciplina. Este archivo tendrá una serie de parámetros métricos y de visualización definidos para favorecer el trabajo en función de si se trata de MEP, Estructura o Arquitectura.

e. **Librerías de familias específicas:** En este apartado se incluyen todas las familias necesarias para la ejecución del proyecto. Existen diversas maneras de organizarlas, ya sea por tipo de elemento o por procedencia. Por defecto, el fabricante del software (por ejemplo, Autodesk) proporciona una extensa biblioteca de familias clasificadas por tipo de elemento. A estas, se pueden añadir componentes creados por los modeladores del proyecto o por marcas comerciales para que queden agrupados por categoría. Otra opción es diferenciar por procedencia, lo que implicaría tener diferentes carpetas con la nomenclatura del desarrollador de

software, fabricantes y propias. Además, se deben archivar los materiales y texturas utilizados, tanto en forma de archivos de imagen como de librería.

f. **Manuales y tutoriales:** Se incorporará la documentación institucional para que los usuarios puedan obtener información sobre el funcionamiento de BIM y también se proporcionarán tutoriales en forma de video o audio para aclarar cualquier duda..

2.2 PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS.

Según plantea (PMBOK, 2021)®, "La gestión de integración de proyectos engloba los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar todos los procesos que se llevan a cabo en la dirección de proyectos".

"La planificación es una actividad que engloba la correcta distribución de recursos, con el objetivo de alcanzar una meta o resultado. La planificación conlleva un análisis que tiende a ir de lo general a lo específico". (López y Morán, 2010)

Para comenzar un proyecto se debe definir los involucrados y los objetivos que se quieren alcanzar, por lo consecuente se debe realizar un organigrama en la fase de planeación para establecer responsabilidades, así como parámetros mínimos de éxito y riesgos del proyecto. A continuación, se debe detallar los hitos del proyecto, un presupuesto inicial y los requisitos de aprobación del proyecto. Con este procedimiento, se tiene que la dirección de proyectos se lleva a cabo en ambiente más amplio que el atribuible al propio proyecto (PMBOK, 2021)

La programación de las actividades de un proyecto es la etapa que sigue a la planificación y que se encarga de concretar las operaciones previamente definidas. En otras palabras, la programación es la herramienta encargada de llevar a cabo el plan previamente establecido.

La planificación se divide en tres niveles de decisión: estratégico, táctico y operativo. El nivel estratégico se enfoca en planificar objetivos a largo plazo y está asociado con los altos mandos de la organización o empresa. El nivel táctico se encarga de establecer lineamientos a mediano plazo y se encuentra relacionado con las decisiones de mandos medios. El nivel operativo tiene que ver con las actividades a corto plazo realizadas por personal operativo. (López y Morán, 2010)

2.2.1 Diagrama Gantt

El diagrama de Gantt fue creado por Henry Laurence Gantt al final del siglo XIX durante la Primera Guerra Mundial. Esta herramienta de gestión de proyectos se utiliza para programar actividades dentro de un período de tiempo específico. Al visualizar las acciones previstas, se puede controlar y verificar el progreso de las diferentes fases del proyecto, así como representar gráficamente las actividades, su duración y progreso. El diagrama de Gantt también muestra las fechas en el calendario de cada actividad y del proyecto en general.

Se puede relacionar las actividades entre sí en el cronograma según su ubicación. Si una actividad comienza después de la conclusión de otra actividad anterior, se utilizará una conexión fin-inicio. También se pueden mostrar las actividades que ocurren simultáneamente. Además, a cada actividad se le pueden asignar los recursos necesarios, como personal, equipos y materiales, para controlar los costos.

Una manera concisa de describir el gráfico Gantt es que se trata de un sistema de coordenadas con dos ejes. En el eje vertical se muestran las diferentes actividades del proyecto, mientras que en el eje horizontal se representan las duraciones, ya sea en días, semanas, meses o años. Al comparar las duraciones previstas con las reales, es posible hacer un seguimiento de las tareas y detectar posibles retrasos en el proyecto. “Las tareas o actividades críticas son aquellas que si se retrasan tendrían un impacto en el tiempo de ejecución del proyecto”. (Terrazas, 2011)

Dentro de los beneficios de los Diagrama Gantt podemos encontrar:

- Visualización de todas las actividades de un proyecto con sus respectivas duraciones
- Disminución de problemas de programación de proyectos.
- Identificación de puntos críticos dentro del proyecto
- Fácil actualización de las actividades y su duración
- Fácil adaptabilidad a aplicaciones o softwares

2.2.2 Ruta Crítica

El método de la ruta crítica es una técnica para identificar las actividades críticas necesarias para completar un proyecto y determinar la duración total del proyecto. Además, permite identificar la cantidad de holgura disponible en el cronograma para las actividades no críticas. “Una ruta crítica en la dirección de obras es el camino más largo de actividades que deben concluirse sin retrasos para completar todo el proyecto” (Climent, 2014).

2.2.3 Análisis de Costo-Efectividad

Cuando se utilizan dos metodologías distintas en un proyecto y se desea comparar sus resultados en términos de costos y consecuencias, como tiempos de ejecución, se puede realizar un análisis de costo-efectividad. Este análisis consiste en evaluar los costos en relación a la capacidad de producir un resultado esperado. Su objetivo es determinar y cuantificar los beneficios de una metodología con respecto a otra. En el sector de la construcción, se puede aplicar este análisis para comparar la metodología tradicional con el enfoque BIM. De esta manera, se pueden realizar estudios sobre el impacto de los costos de producción en diferentes actividades y sus tiempos de ejecución, además de identificar las causas y consecuencias de estas variables mencionadas. En el análisis de costo-efectividad de este estudio, se examinará el impacto de las metodologías en los costos, tiempos de ejecución y rentabilidad de los elementos más importantes de un proyecto de alcantarillado sanitario.

2.2.4 Gestión de Valor Ganado

La técnica de Gestión del Valor Ganado (EVM) es una herramienta que permite evaluar el desempeño de un proyecto en diferentes aspectos. Esta técnica recopila información sobre el alcance, costo y cronograma del proyecto, lo que facilita el análisis del progreso y desempeño a los responsables de la dirección del proyecto. “Es un método de gestión de proyectos que parte de establecer una línea base integrada con respecto a la cual se pueda comparar el desempeño durante el desarrollo del proyecto u obra. EVM es aplicable a todo tipo de proyectos”. (Duarte y Pinilla, 2014)

La Gestión de Valor Ganado define tres dimensiones a ser estudiadas para cada grupo de actividades y cuenta de control:

El valor planificado (PV) es el presupuesto autorizado asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo. Incluye el trabajo detallado autorizado, así como el presupuesto para este, el cual se asigna por fase durante el ciclo de vida del proyecto. El total del PV se conoce a veces como la línea base para la medición del desempeño (PMB). El valor planificado total para el proyecto también se conoce como presupuesto hasta la conclusión (BAC) (PMBOK, 2021)

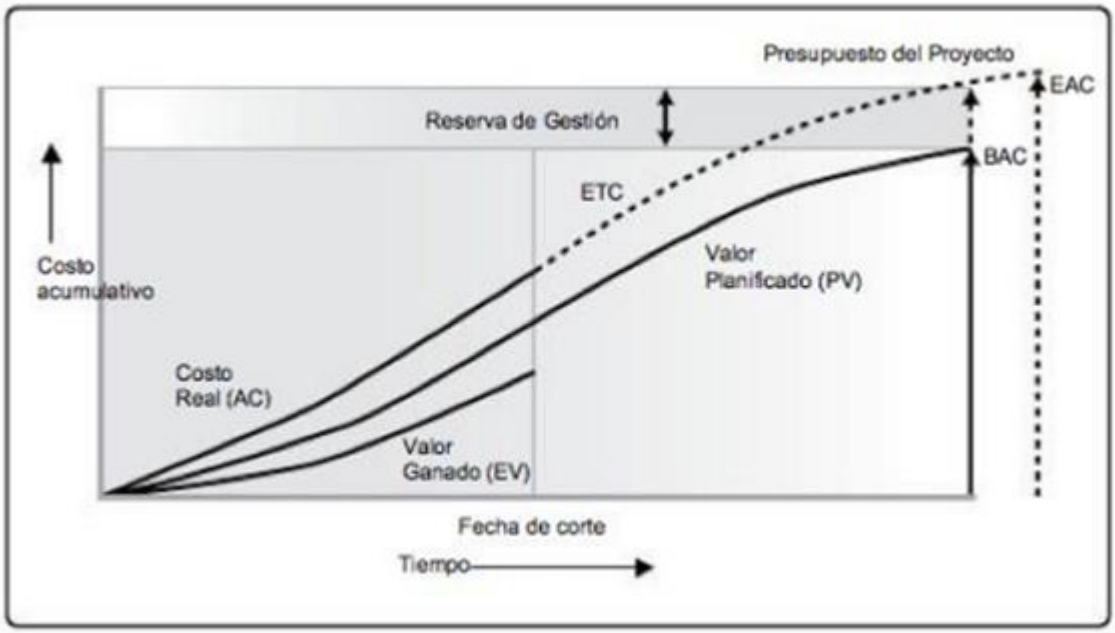
El valor ganado (EV) es el valor del trabajo completado expresado en términos del presupuesto aprobado asignado a dicho trabajo para una actividad del cronograma o un componente de la estructura de desglose del trabajo. Es el trabajo autorizado que se ha completado, más el presupuesto autorizado para el mismo. El EV medido debe corresponderse con la línea base del PV (PMB) y no puede ser mayor que el presupuesto aprobado del PV para un componente. El término EV se usa a menudo para describir el porcentaje completado de un proyecto. Deben establecerse criterios de medición del avance para cada componente de la EDT (Estructura de desglose de Trabajo), con objeto de medir el trabajo en curso. Los directores de proyecto monitorean el EV, tanto sus incrementos para determinar el estado actual, como el total acumulado, para establecer las tendencias de desempeño a largo plazo (PMBOK, 2021)

El costo real (AC) es el costo total en el que se ha incurrido realmente y que se ha registrado durante la ejecución del trabajo realizado para una actividad o componente de la estructura de desglose del trabajo. Es el costo total en el que se ha incurrido para llevar a cabo el trabajo medido

por el EV. El AC debe corresponderse, por su definición, con lo que haya sido presupuestado para el PV y medido para el EV (p.ej., sólo horas directas, sólo costos directos o todos los costos, incluidos los costos indirectos). El AC no tiene límite superior; se medirán todos los costos en los que se incurra para obtener el EV (PMBOK, 2021)

Figura 5.-

Valor Ganado, Valor Planificado y Costo Real.



Nota: La gráfica representa como varía valor ganado, valor planificado y costo real a través del tiempo. Fuente: 5ta Edición de la Guía del PMBOK

2.3 Marco Legal

2.3.1 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía, y Descentralización COOTAD

Tabla 2.-

Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización COOTAD, Art. 31- a,b,f.

CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA, Y DESCENTRALIZACION COOTAD				
El CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA, Y DESCENTRALIZACION COOTAD incluye la legislacion concerniente a los Gobiernos Autonomos Descentralizados de distintas regiones del Ecuador. En el caso de Santa Elena al ser un GAD Cantonal, el articulo 31 literales a,b,f incluyen algunas de sus competencias entre ellas construir la obra publica con criterios de calidad eficacia y eficiencia.	Tabla. No 1			
	Título III GOBIERNOS AUTONOMOS DESCENTRALIZADOS	Capítulo I Gobierno Autónomo Descentralizado Regional Sección Primera Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones	Art. 31.-a,b,f	Descripción : Son funciones de los Gobiernos Autonomos Descentralizados alcanzar los objetivos del buen vivir , Promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial regional, para garantizar la realización del buen vivir , y construir la obra publica con criterios de calidad eficacia y eficiencia.
	Nota. Ministerio de Gobierno 2010			

Nota: La tabla describe el artículo 31 del COOTAD

Tabla 3.-

Código orgánico de organización territorial, autonomía y descentralización COOTAD, Art. 55- a,b,d

CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA, Y DESCENTRALIZACION COOTAD				
El CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, AUTONOMIA, Y DESCENTRALIZACION COOTAD incluye la legislacion concerniente a los Gobiernos Autonomos Descentralizados de distintas regiones del Ecuador. En el caso de Santa Elena al ser un GAD Cantonal, el articulo 55 literales a,b,d incluyen algunas de sus competencias entre ellas Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental	Tabla. No 2			
	Título III GOBIERNOS AUTONOMOS DESCENTRALIZADOS	Capítulo III Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Sección Primera Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones	Art. 55.-a,b,d	Descripción : Son competencias exclusivas del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, Planificar, junto con otras instituciones del sector público y actores de la sociedad, el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón y prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental.
	Nota. Ministerio de Gobierno 2010			

Nota: La tabla describe el artículo 31 del COOTAD

2.3.2 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1754

Tabla 4.-

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1754. Requisitos de depuración de Aguas Servidas.

NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1754				
NORMA TECNICA ECUATORIANA OBLIGATORIA -INEN 1752 Esta Norma establece los criterios de diseño para sistemas de depuracion de aguas servidas que van a instalarse o reponerse en un proyecto de urbanizacion.	Tabla. No 4			
	INEN 1754	URBANIZACION-SISTEMAS DE DEPURACION DE RESIDUOS LIQUIDOS. REQUISITOS	REQUISITOS 4.1.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.5.1, 4.6, 4.7, 4.8,	Descripción : En la norma INEN 1754 se establecen requisitos de diseño y construccion de los sistemas de Ddepiuracion o tratamiento de aguas servidas y sus elementos tales como procesos de depuracion, ubicacion, caudal de diseño, tipos de depuracion, cuerpo receptor.
	Nota.			

Nota: La tabla describe el requisito de depuración de aguas servidas de acuerdo a la Norma Técnica INEN 1754

2.3.3 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1752

Tabla 5.-

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1752. Requisitos para eliminación de residuos líquidos.

NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1752				
NORMA TECNICA ECUATORIANA OBLIGATORIA -INEN 1752 Esta Norma establece los criterios de diseño para sistemas de eliminacion de residuos liquidos que van a instalarse o reponerse en un proyecto de urbanizacion	Tabla. No 4			
	INEN 1752	URBANIZACION-SISTEMAS DE ELIMINACION DE RESIDUOS LIQUIDOS. REQUISITOS	REQUISITOS 4.1.1, 4.2, 4.5, 4.6, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12,	Descripción : En la norma INEN 1752 se establecen requisitos de diseño y construccion de los sistemas de aguas servidas y sus elementos tales como Velocidades, coeficiente de rugosidad, cajas de revision, Pozos de revision, conexiones domiciliarias, descargas y periodo de diseño.
	Nota.			

Nota: La tabla describe el requisito para la eliminación de residuos líquidos de acuerdo a la Norma Técnica INEN 1752.

2.3.4 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1752

Tabla 6.-

Ley Orgánica de Recurso Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 37

<table>
<tr><td colspan="5">LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.</td><td colspan="4">Tabla. No 5</td></tr>
<tr><td>Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS</td><td>Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</td><td>Art. 37,</td><td>Descripción : Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota.</td></tr>
</table>

Nota: La tabla describe el Art. 37 de la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Tabla 7.-

Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 38.

<table>
<tr><td colspan="5">LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.</td><td colspan="4">Tabla. No 6</td></tr>
<tr><td>Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS</td><td>Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</td><td>Art. 38</td><td>Descripción : - La Autoridad Única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota.</td></tr>
</table>

Nota: La tabla describe el Art. 38 de la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Tabla 8.-

Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 39

<table>
<tr><td colspan="5">LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.</td><td colspan="4">Tabla. No 7</td></tr>
<tr><td>Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS</td><td>Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</td><td>Art. 39</td><td>Descripción : - Las disposiciones de la presente Ley relativas a los servicios públicos se aplicarán a los servicios de riego y drenaje, cualquiera sea la modalidad
bajo la cual se los preste.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota.</td></tr>
</table>

Nota: La tabla describe el Art. 39 de la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Tabla 9.-

Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 40

<table>
<tr><td colspan="5">LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.</td><td colspan="4">Tabla. No 8</td></tr>
<tr><td>Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS</td><td>Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</td><td>Art. 40</td><td>Descripción : - El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o sumak kawsay. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota.</td></tr>
</table>

Nota: La tabla describe el Art. 40 de la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

Tabla 10.-

Ley Orgánica de Recursos Híbridos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Art. 41.

<table>
<tr><td colspan="5">LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el sumak kawsay o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.</td><td colspan="4">Tabla. No 9</td></tr>
<tr><td>Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS</td><td>Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</td><td>Art. 41</td><td>Descripción : - La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte del dominio hídrico público y su propiedad no
puede ser transferida bajo ninguna circunstancia.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota.</td></tr>
</table>

Nota: La tabla describe el Art. 41 de la ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.

2.3.5 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

Tabla 11.-

Código Orgánico del Ambiente. Art. 37

CODIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE				
Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay	Tabla. No **10**			
	Sección IV SERVICIOS PÚBLICOS	Capítulo II INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	Art. 37,	Descripción : Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.
	Nota. Ministerio de Gobierno 2010			

Nota: La tabla describe el Art. 37 del código orgánico del ambiente.

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1 Diseño de la Investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El Estudio en desarrollo “Implementación BIM en la fase de planificación y control de un proyecto de alcantarillado” esta direccionado a resolver problemas prácticos, se enmarca dentro una investigación analítica puesto que parte de una recopilación de datos y un diagnóstico inicial

en la fase constructiva de un alcantarillado para su posterior análisis de data y variables de rubros específicos para finalmente comparar dos metodologías de planificación y control de obras, la metodología tradicional y la metodología BIM.

3.1.2 Metodología Propuesta

Los principales métodos aplicados a esta investigación fueron dos, método de análisis y método de síntesis. Se utilizó el método analítico para descomponer un todo, el proyecto de alcantarillado, en los rubros más representativos de la obra para el estudio y análisis de las variables, y poderlas comparar con otra metodología de planificación y control de obra en la fase de ejecución del proyecto. Aplicando el método de síntesis se tabularán resultados para poder comprobar la hipótesis establecida y los beneficios de la implementación BIM en la construcción.

3.1.3 Novedad y Viabilidad

El presente estudio acerca de la implementación de la metodología Building Information Modeling (BIM) en la etapa constructiva del proyecto de alcantarillado sanitario en varios sectores del Cantón Santa Elena, parte de la recopilación de datos y análisis de variables de los rubros ejecutados con la metodología tradicional de planificación y construcción, por lo que al encontrarse el proyecto en su fase de ejecución y poseer la documentación de obra e información técnica base necesaria tales como Planos topográficos , Planos de diseño de Red de alcantarillado, Cantidades de obra, Presupuesto de Obra, APUS, Equipo, Personal Técnico Mínimo, Organigrama, Cronograma Valorado, Diagrama de Gant, Ruta Crítica, Curva S, se considera viable .

Este estudio es novedoso debido a la utilización de herramientas tecnológicas para optimizar la interoperabilidad de los profesionales y la asignación de recursos en la fase de ejecución de un proyecto para disminuir tiempos y costos de construcción de proyectos.

3.1.4 Procedimiento de la Investigación

3.1.4.1 Descripción del Proyecto

El proyecto en el cual se realizará el análisis comparativo de las metodologías tradicional y BIM consiste en una construcción de red de alcantarillado en varios sectores del Cantón Santa Elena con población mayor a mil habitantes, con un tiempo de ejecución de 10 meses y aproximadamente 14 km de red de tuberías. Actualmente el proyecto se encuentra en ejecución con la metodología tradicional. La implementación BIM se realizará en el frente de Brisas de Ballenita, el cual se ejecutará en los últimos 6 meses.

3.1.4.2 Revisión de documentación de obra e información técnica disponible

El proyecto cuenta con la documentación de Obra e información técnica necesaria para la ejecución del proyecto, tales como Planos topográficos, Planos de diseño de Red de alcantarillado, Cantidades de obra, Presupuesto de Obra, APUS, Equipo y Personal Técnico Mínimo, Organigrama, Cronograma Valorado, Diagrama de Gant, Ruta Crítica, Curva S. Esta información será recolectada para realizar un diagnóstico actual de la ejecución a fecha del proyecto.

3.1.4.3 Diagnóstico de situación actual con la metodología tradicional

Una vez revisada la información se realizará un diagnostico actualizado general del proyecto para conocer el porcentaje de avance de obra desde el inicio de la obra hasta la fecha

actual y el tiempo de ejecución. Además, se utilizará herramientas financieras como curvas de valor ganado para evaluar el estado del proyecto en relación con costos y tiempos.

3.1.4.4 Recopilación de información de ejecución del proyecto con la metodología tradicional

Luego de realizar un diagnóstico general del proyecto se procederá a recolectar información mediante instrumentos tales como entrevistas a personal técnico de obra, informes de avances de obra del constructor y fiscalizador, de las variables en estudio en los rubros más representativos de la obra. Se realizará también las entrevistas y encuestas a constructores de la misma tipología de obras para ampliar expediente técnico y poder realizar los análisis respectivos.

3.1.4.5 Análisis de las variables de estudio en actividades ejecutadas con la metodología tradicional

Se realizará la tabulación de toda la información mediante tablas y gráficos para poder analizar la data técnica de las variables y obtener las conclusiones correspondientes y causales de la situación actual del proyecto.

3.1.4.6 Implementación de metodología BIM

Para la implementación de la metodología se lo realizará en un caso práctico donde se analizará el efecto que provoca en la gestión de obra la implementación de estos sistemas, con respecto a la metodología tradicional, con la obtención final de una simulación en 5D de la obra realizada a partir de la programación resultante de la aplicación de Navisworks.

3.1.4.7 Equipos y herramientas tecnológicas para utilizar

Se realizará levantamiento de información en campo de la condición actual, como la topografía del sitio con estación total, RTK y DRON, para generar nube de puntos de las condiciones actuales del sitio.

3.1.4.8 Elaboración del modelo paramétrico

Para el modelado paramétrico se utilizará el programa de Autodesk REVIT, donde cada elemento tendrá propiedades geométricas, materiales y costo.

3.1.4.9 Planificación estratégica y control de obra con metodología BIM

La planificación estratégica se realizará mediante el uso de cronograma con asignación de recursos utilizando en el programa primavera para realizar oportunamente evaluaciones e informes de avances de obra, todo esto aplicando las buenas prácticas de planificación que establece el PMBOK.

3.1.4.10 Integración del modelo Paramétrico con la planificación

Para la integración del modelo paramétrico y la planificación se utilizará el programa de Navisworks, que nos permitirá tener un control casi que tangible mediante simulaciones del avance real de la obra.

3.1.4.11 Recopilación de información de ejecución de proyecto con metodología BIM

Se actualizarán los modelos paramétricos con lo real ejecutado en obra permitiendo generar planos finales y así poder contrastar las cantidades reales ejecutadas con la

inversión realizada en el proyecto. Permitiendo realizar la comparación entre la metodología convencional con la metodología BIM.

3.1.4.12 Análisis comparativo de las variables con metodología TRADICIONAL y metodología BIM

Mediante gráficos e indicadores financieros como valor ganado y otros indicadores de planificación se realizará un análisis comparativo con cuadros de ventajas y desventajas en base a los resultados de las variables de estudio con las dos metodologías implementadas.

3.2 Cronograma interno de trabajo

ACTIVIDADES	DURACIÓN (DIAS)	INICIO	FIN	ESTADO
Realización de encuestas	6	29/8/2022	4/9/2022	**PROGRAMADO**
Revisión de documentación de obra e información técnica disponible	5	5/9/2022	10/9/2022	**PROGRAMADO**
Diagnóstico de situación actual	5	12/9/2022	17/9/2022	**PROGRAMADO**
Recopilación de información de ejecución de proyecto con metodología tradicional	5	26/9/2022	1/10/2022	**PROGRAMADO**
Análisis de las variables de estudio en actividades ejecutadas con metodología tradicional	14	3/10/2022	17/10/2022	**PROGRAMADO**
Elaboración de modelo paramétrico	21	18/10/2022	8/11/2022	**PROGRAMADO**
Planificación estratégica con metodología BIM	14	11/11/2022	25/11/2022	**PROGRAMADO**
Integración de modelo paramétrico con la planificación	7	28/11/2022	5/12/2022	**PROGRAMADO**
Recopilación de información de ejecución de proyecto con metodología BIM	5	7/12/2022	12/12/2022	**PROGRAMADO**
Análisis comparativo de las variables de la metodología tradicional y metodología BIM	35	13/12/2022	17/1/2023	**PROGRAMADO**
Conclusiones y recomendaciones	8	23/1/2023	31/1/2023	**PROGRAMADO**

3.3 Conceptualización y operacionalización de las variables

Las variables que fueron identificadas dentro del planteamiento del problema del presente caso de estudio y que forman parte de la Hipótesis son tres: Diseño de red de alcantarillado, Costos de Producción y Tiempo de ejecución.

Dentro de la investigación el diseño de red de alcantarillado queda definida como una variable independiente, abarca los planos de diseño y la documentación técnica de obra basada en la correspondiente norma técnica, dados por la entidad pública al constructor para su ejecución. Las variables costos de producción y tiempos de ejecución serán las variables dependientes de la investigación ya que son factores que están presentes en las causas del problema y resultados en la estructura de la implementación BIM del proyecto.

Los costos de producción se definen como los costos directos por una unidad de medida de los rubros más representativos del proyecto de alcantarillado que influyen en el costo final del proyecto. Se comparan con la información base, que sería el presupuesto inicial de la obra. El tiempo de ejecución se define como el tiempo en que se desarrolla el proyecto o una actividad del proyecto, se comparará también con información base, con el cronograma de la obra y su planificación inicial.

Estas variables dependientes se evaluarán de los avances de obra del proyecto durante su ejecución.

3.4 Población y Muestra (Modelo de Encuesta)

1. ¿Qué profesión tiene?

a) Ingeniero Civil

b) Arquitecto

c) Otro

2. ¿Qué cargo desempeña en su trabajo?

a) Residente de Obra

b) Supervisor de Obra

c) Superintendente de Obra

d) Fiscalizador

e) Otro

3. ¿Cuántos años de experiencia laboral tiene?

a) menor igual a un 1 año de experiencia

b) entre 1 y 2 años de experiencia

c) entre 3 y 5 años de experiencia

d) entre 6 y 8 años de experiencia

e) entre 9 y 13 años de experiencia

f) mayor a 13 años

4. ¿Conoce la Metodología BIM?

a) SI

b) NO

5. ¿Hace uso de herramientas tecnológicas o softwares para la planificación y control de obras fase de construcción del proyecto?

a) SI

b) NO

6. ¿Para qué utiliza estos softwares?

a) Cómputo de cantidades

b) Presupuestos

c) Planificación y control de obra

d) Visualizaciones de Obra

e) Detecciones de interferencias

f) ninguna de las anteriores

7. ¿Qué softwares BIM de los siguientes ha utilizado?

a) Revit

b) ArchiCAD

c) Presto

d) Navisworks

e) BIMx

f) Project

g) Tekla

h) Infraworks

i) Primavera

8. ¿Conoce los beneficios de la metodología BIM?

a) SI

b) NO

9. ¿Estaría dispuesto a implementar la metodología BIM en sus proyectos?

a) SI

b) NO

10. ¿Qué tipos de Obras ejecuta en sus proyectos?

a) Tuberías Urbanas y Tratamiento de aguas (Red de alcantarillado Sanitario, Red de Agua potable, Alcantarillado Pluvial)

b) Edificaciones Residenciales y no Residenciales

c) Obras Viales

d) Obras de Puentes

e) Obras Hidráulicas

f) Obras portuarias

g) Otras

11. ¿Qué Metodología utiliza en la fase de ejecución de sus proyectos de construcción?

a) Metodología Tradicional

b) Metodología BIM

12. ¿Ha tenido alguna vez retraso en los tiempos de ejecución de sus proyectos de construcción?

a) SI

b) NO

13. ¿Con qué frecuencia ha tenido retrasos en los tiempos de ejecución de sus proyectos?

a) Muy Frecuentemente

b) Frecuentemente

c) Ocasionalmente

d) Raramente

e) Nunca

14. ¿Ha tenido aumento en los costos de producción de sus proyectos acorde a lo planificado inicialmente?

a) SI

b) NO

15. ¿Con qué frecuencia ha tenido aumento en los costos de producción de sus proyectos acorde a lo planificado inicialmente?

a) Muy Frecuentemente

b) Frecuentemente

c) Ocasionalmente

d) Raramente

e) Nunca

16. ¿Cuáles cree usted que son las causas de los retrasos en los tiempos de ejecución de sus Proyectos?

a) Coordinación de disciplinas

b) Rediseños

c) Aumentos de cantidades de obra

d) Adquisición de materiales

e) Baja productividad

f) ninguna de las anteriores

17. Del 1 al 10 cuál es el valor que asignaría a la comunicación que existe entre el área de planificación y control.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

18. ¿Qué porcentaje de retraso ha tenido en los tiempos de ejecución de sus proyectos?

a) 0-5

b) 5-10

c) 10-15

d) mayor a 15

19. ¿Cuáles cree usted que son las causas del aumento de sus costos de producción en sus proyectos?

a) Baja productividad de la mano de obra

b) Asignación inadecuada de funciones del personal

c) Capacitación del personal

20. ¿Qué porcentaje de acuerdo con su experiencia aumentan sus costos de producción de acuerdo a lo planificado inicialmente?

a) 0-5

b) 5-10

c) 10-15

d) mayor a 15

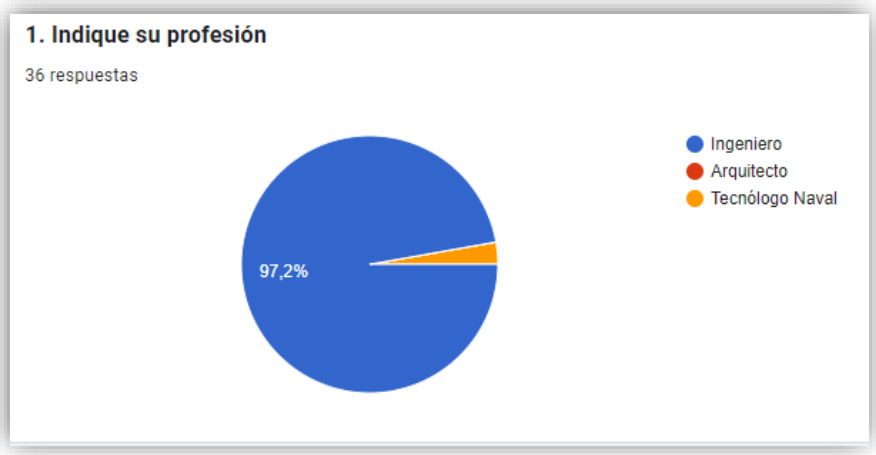
4. Desarrollo

4.1 Análisis de estado actual en la planificación y control de obras en la construcción ecuatoriana. (Resultados de encuestas).

Con el fin de conocer un estado actual de la planificación y control de obras en la construcción ecuatoriana y las metodologías aplicadas, se realizó una encuesta a los principales actores de la industria de la construcción. La población de la muestra fue de 36 personas y los resultados de la encuesta fueron los siguientes:

Gráficos 1.-

Resultados pregunta 1



Fuente: Elaboración propia

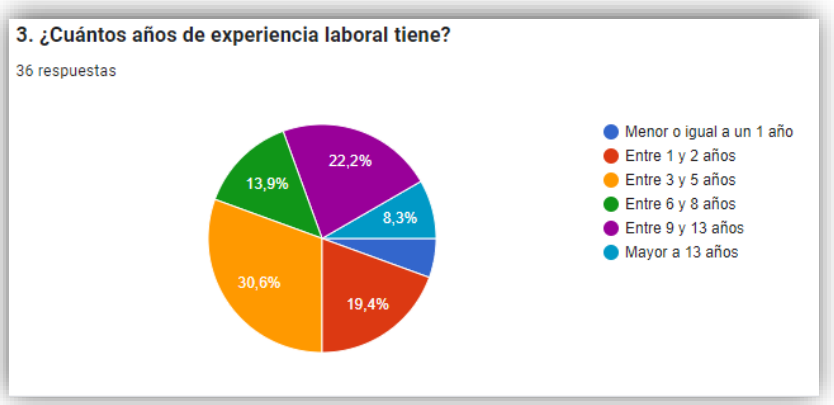
Gráficos 2.-

Resultado pregunta 2

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 3.-

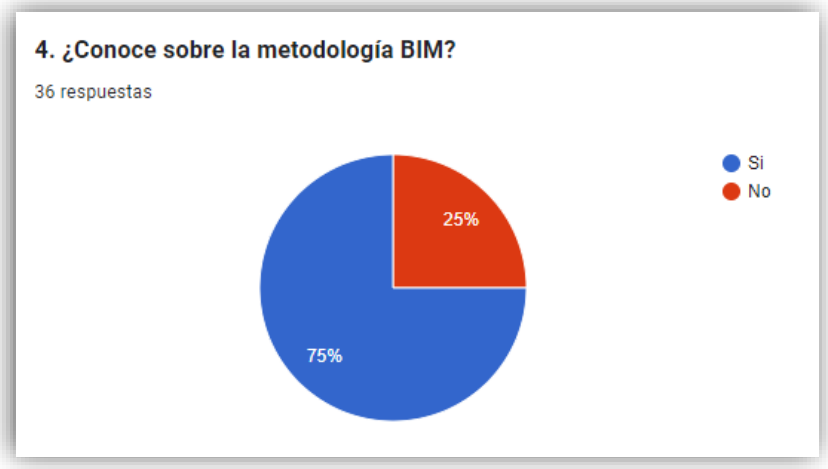
Resultados pregunta 3



Fuente:Elaboración propia

Gráficos 4.-

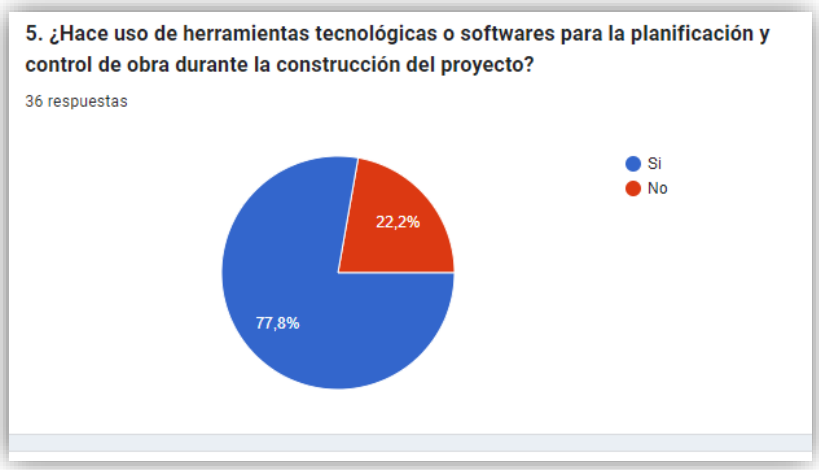
Resultados pregunta 4



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 5.-

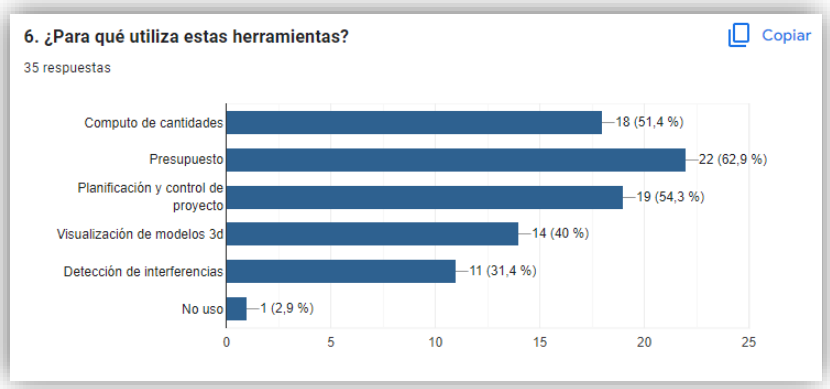
Resultados pregunta 5



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 6.-

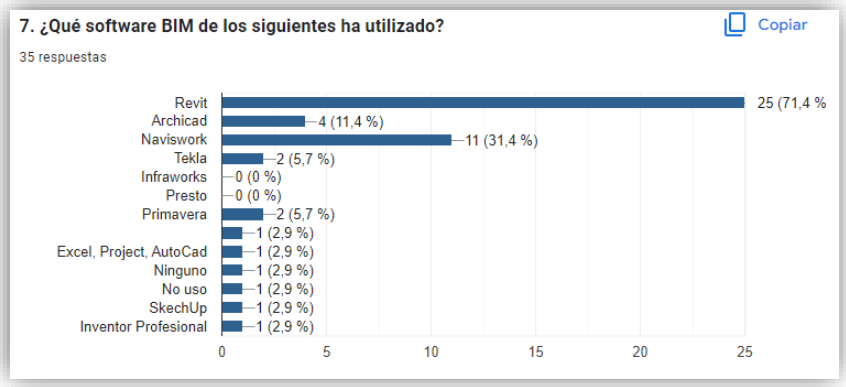
Resultados pregunta 6



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 7.-

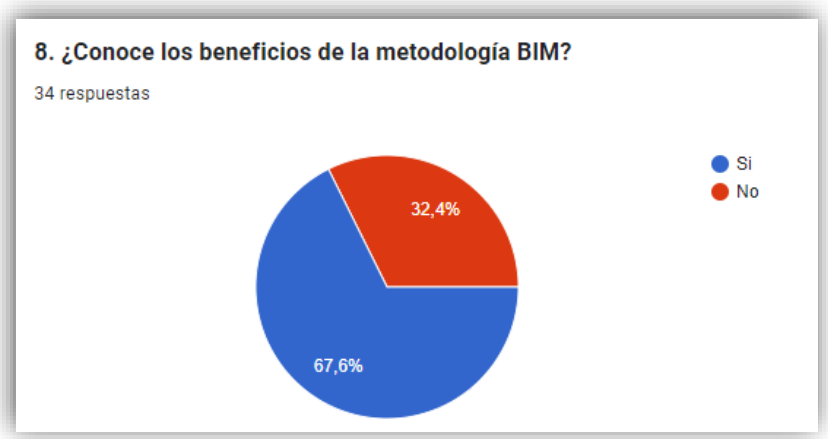
Resultados pregunta 7



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 8.-

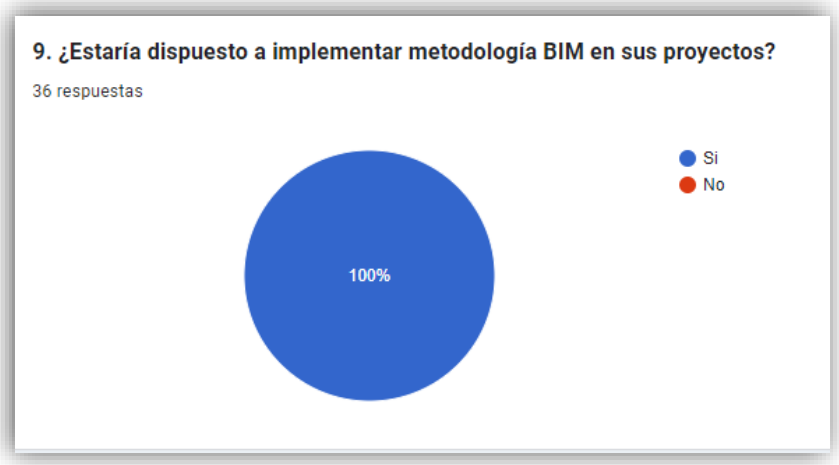
Resultados pregunta 8



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 9.-

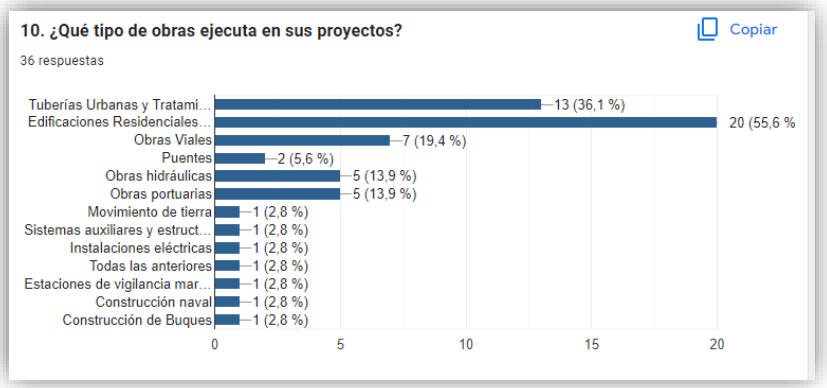
Resultados pregunta 9



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 10.-

Resultados pregunta 10



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 11.-

Resultados pregunta 11

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 12.-

Resultados pregunta 12

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 13.-

Resultados pregunta 13

Fuente: Elaboración propia

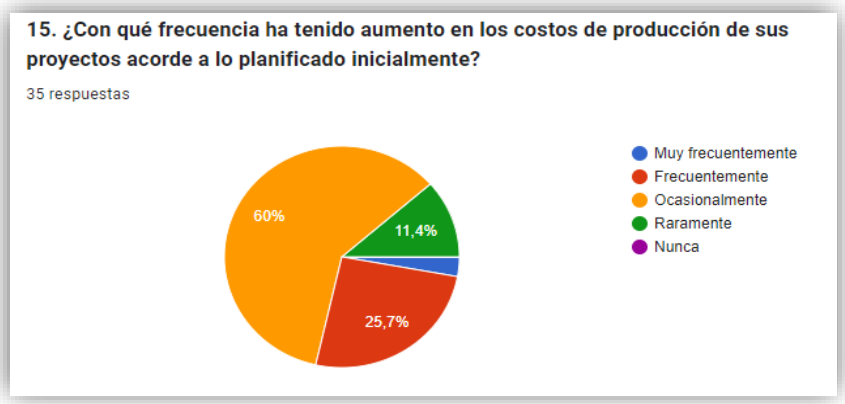
Gráficos 14.-

Resultados pregunta 14

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 15.-

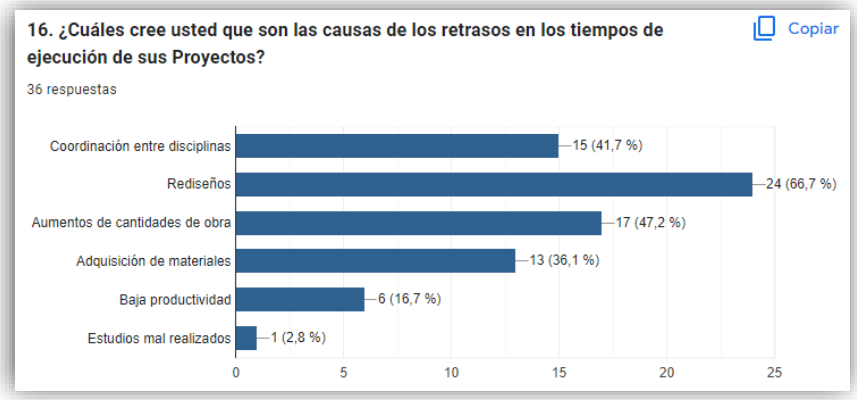
Resultados pregunta 15



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 16.-

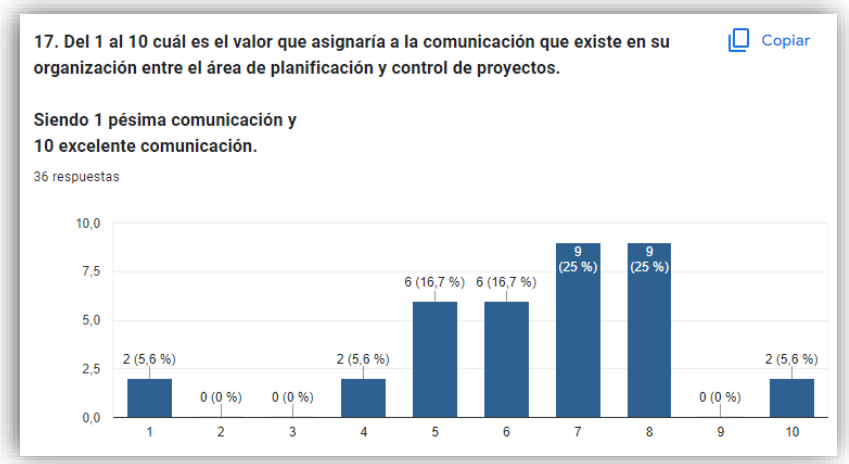
Resultados pregunta 16



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 17.-

Resultados pregunta 17



Fuente: Elaboración propia

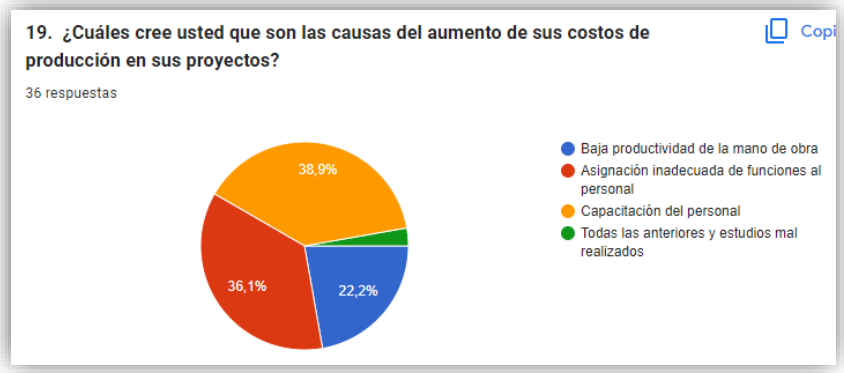
Gráficos 18.-

Resultados pregunta 18

Fuente: Elaboración propia

Gráficos 19.-

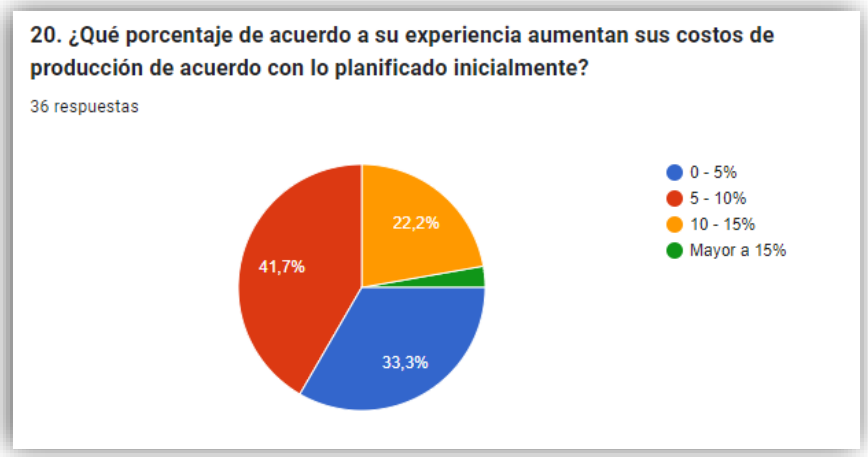
Resultados pregunta 19



Fuente: Elaboración propia

Gráficos 20.-

Resultados pregunta 20



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos de la encuesta se puede observar que la profesión predominante de los actores del sector de la construcción es la de Ingeniero con un 97.2% de los encuestados. En cuanto a los cargos que desempeñan en sus proyectos, un 25% trabajan como residentes de obra, 13,9% como Gerentes de proyectos o Superintendentes de Obra o Fiscalizadores, representando así un 61.1% de cargos que están en el día a día de la fase constructiva y en el control de la planificación de sus proyectos.

Es importante mencionar que de acuerdo a la pregunta 3 un 50% tiene experiencia laboral de 1 a 5 años por lo que se puede asumir que en su mayoría son profesionales jóvenes dispuestos a implementar nuevas tecnologías, comprobándose esto en la pregunta 9 en la cual el 100% estaría dispuesto a implementar una nueva metodología como es el BIM.

En base a las preguntas 4,8, 9 y 11, Un 75% de la población de la muestra conoce o ha escuchado sobre la metodología BIM, un 67% está al tanto de sus beneficios sin embargo un 77.8% sigue utilizando la metodología tradicional en la fase de ejecución de sus proyectos.

En relación a herramientas tecnológicas o softwares utilizados para la planificación y control de obra un 77.8% afirma que, si las utiliza, dentro de los softwares más utilizados se encuentran el REVIT con un 71.4% de la muestra, seguido de ARCHICAD con 11.4% y NAVISWORK con 31.4%. Como funciones de uso de estas herramientas se encuentran con un mayor porcentaje el computo de materiales (51.4%), Presupuesto (62.9%) y planificación y control de obra (54.3%) lo que nos deja ver que los profesionales si utilizan herramientas tecnológicas, pero no bajo una metodología de entorno colaborativo como el BIM con la cual tendrían mayores beneficios.

Las preguntas 12, 13, 16 y 18 fueron realizadas para analizar el estado actual de la variable tiempo de ejecución en las obras ecuatorianas la cual incide directamente a la utilidad del proyecto, y como resultados obtuvimos que el 91.7% de los encuestados han sufrido alguna vez retrasos en sus obras, la frecuencia con que se dan estos retrasos son frecuentemente con un 36.1% y ocasionalmente con un 47.2%, teniendo como causas principales, rediseños, computo de materiales, adquisiciones de materiales y coordinación entre disciplinas. Un dato que es de suma relevancia es el porcentaje de retraso de los proyectos, el 8.3% ha sufrido retrasos mayores a 15% mientras que el 27.8% ha tenido un retraso del 10 al 15%, porcentajes que impactan considerablemente en la rentabilidad de un proyectos y calidad de vida del usuario final.

La variable costos de producción también fue tomada en cuenta a la hora de realizar la encuesta, precisamente en las preguntas 14, 15, 19 y 20, como resultado se pudo observar que el 94.4% ha sufrido un aumento de sus costos de producción alguna vez en sus proyectos. El 85.7% de los profesionales tiene frecuentemente y ocasionalmente aumentos en sus costos de producción. Como causas principales se encuentran, la baja capacitación del personal, una disminución de la productividad y una inadecuada asignación de funciones al personal. Como porcentajes de aumentos de costos de producción en un proyecto en particular tenemos que un 25% de los encuestados tiene porcentajes de aumento mayores al 10%.

Como análisis global de la encuesta se puede inferir la directa relación entre metodología tradicional y las variables tiempo y costo. Además, se observó que pese a utilizar herramientas tecnológicas en la fase de planificación y control de obra, los actores no adoptan una metodología de entorno colaborativo para obtener beneficios económicos y de calidad en sus proyectos.

4.1.1 Estudio del Proyecto

El proyecto de obra del presente estudio, en el cual se realizó el análisis comparativo de metodología tradicional y la metodología BIM, es una obra pública localizada en el sector Brisas de Ballenita del Cantón Santa Elena, la cual comprende la extensión de una red de alcantarillado en un área de influencia de 6 hectáreas, ubicada aproximadamente a 1000 metros del terminal terrestre del cantón Santa Elena y a 1400 metros de la Refinería Cautivo – PetroEcuador EP.

Figura 6.-

Área de influencia del proyecto

Nube de puntos del proyecto donde se implementará el alcantarillado en la provincia de Santa Elena, Parroquia Ballenita.

La construcción de la red de alcantarillado a implementarse la metodología BIM consiste en un sistema de tratamiento puntual compuesto por redes de tuberías colectoras con diámetro exterior de tubería 220mm y redes terciarias con diámetro exterior de tubería 175mm, 13 cámaras o pozos de inspección de hormigón armado con alturas variables que van desde 1 metro hasta los 5 metros y 149 cajas domiciliarias de hormigón armado con alturas variables que van desde 1 metro hasta los 3 metros. El tratamiento de aguas será realizado por 2 biodigestores prefabricados de fibra de vidrio con capacidad de 55000 litros con un diámetro aproximado de 2.50 metros y una longitud 11.20 metros.

Figura 7.-

Biodigestores de capacidad de 55000lts

Imágenes del Biodigestor entregadas por el proveedor.

Esta obra pública se realizó mediante el tipo de contratación de cotización de obra. La entrega de la "CONSTRUCCIÓN DE EXTENSIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR BRISAS DE BALLENITA, DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA", a entera satisfacción de la CONTRATANTE tiene plazo de ejecución de 100 días, contado desde la fecha de notificación que el anticipo se encuentre disponible. El presupuesto de la obra es de USD. $ 309,884.9224 (TRESCIENTOS NUEVE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO CON 9224/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA), más IVA. La forma de pago del contrato se lo realizará de la

siguiente forma: se otorgará un anticipo de 20% y el 80% restante se pagará mediante planillas por avances mensuales previamente aprobadas por Fiscalización y Administración del contrato.

Tabla 12.-

Características generales del contrato de obra

OBJETO DEL CONTRATO:	**"CONSTRUCCIÓN DE EXTENSIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR BRISAS DE BALLENITA, DEL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA".**
TIPO DE CONTRATACION:	COTIZACION DE OBRA
PLAZO DE EJECUCION:	100 DIAS
PRECIO DEL CONTRATO:	USD. $ 309,884.9224 (TRESCIENTOS NUEVE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO CON 9224/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA), más IVA.
FORMA DE PAGO:	20% ANTICIPO Y 80% PLANILLAS DE AVANCE MENSUALES

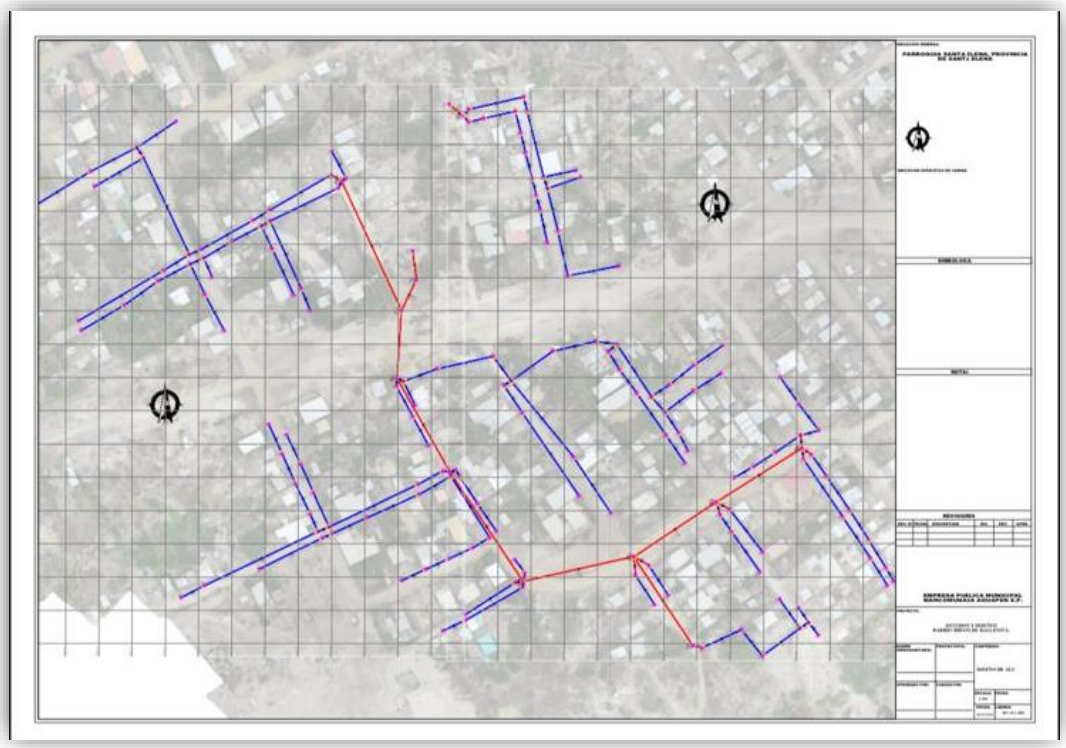
4.1.2 Documentos de obra metodología tradicional en el proyecto

Se realizó la recopilación de la documentación técnica de obra con metodología tradicional entregada por la entidad contratante la cual está conformada por:

-Planos de diseño e implementación de la red de extensión de alcantarillado sanitario: Fueron entregados en formato PDF y DWG 3 planos georreferenciados correspondientes al área total de influencia del proyecto con la respectiva información técnica de cotas de terreno, cotas de invert de pozos de inspección y cajas domiciliarias, además de pendientes y longitudes de tuberías colectoras y terciarias.

Figura 8.-

Plano georreferenciado del diseño e implantación de la red de alcantarillado sanitario.



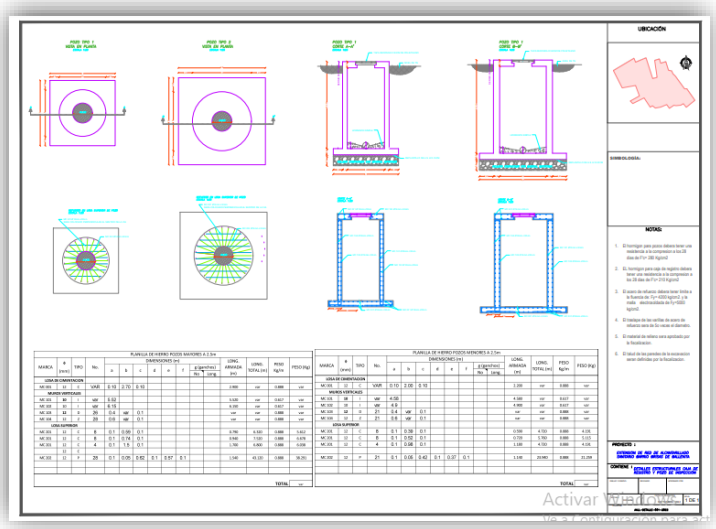
Documentación entregada por la entidad contratante

4.1.2.1 Plano de detalle de cajas y pozos

-Planos de detalles de cajas domiciliarias y pozos de inspección: Fueron entregados en formato PDF y DWG 2 planos de detalles técnicos correspondientes a los pozos de inspección y cajas domiciliarias, los cuales contenían diseño, dimensiones y distribución del acero longitudinal y transversal de las estructuras.

Figura 9.-

Plano de detalles técnicos de pozos de inspección



Documentación entregada por la entidad contratante

-Presupuesto de obra. El presupuesto de obra con las respectivas cantidades de obras, precios unitarios y precio total del proyecto fueron entregados en formato pdf.

Figura 10.-

Presupuesto de obra con cantidades de obra, precios unitarios y precio total.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0001	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE PVC RIGIDO DE 175 mm (160mm INT.) PARA ALCANTARILLADO	ml	2831,61	$ 11,38	$ 32.223,72
0002	SUMINISTRO DE TUBERÍA RIGIDO DE PVC DE 220 mm(200mm INT.) PARA ALCANTARILLADO)	ml	785,12	$ 19,80	$ 15.545,38
0003	CAJA DOMICILIARIA DE H.A < 1.00 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	88,00	$ 228,02	$ 20.065,76
0004	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 1.0 A 1.5 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	33,00	$ 280,06	$ 9.241,98
0005	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 1.5 A 2,0 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	14,00	$ 427,59	$ 5.986,26
0006	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 2.0 A 2.5 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	12,00	$ 547,06	$ 6.564,72
0007	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 2.5 A 3.0 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	2,00	$ 724,89	$ 1.449,78
0008	EXCAVACION A MAQUINA H= 0 A 2.00 MT	m3	3339,63	$ 3,61	$ 12.056,06
0009	EXCAVACION A MAQUINA H= 2 A 4.00 MT.	m3	2795,88	$ 3,71	$ 10.372,71
0010	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m3	1434,93	$ 2,46	$ 3.529,93
0011	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO (ARENOSO)	m3	4700,58	$ 5,12	$ 24.066,97
0012	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3	46,80	$ 10,06	$ 470,81
0013	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3-km	701,98	$ 0,28	$ 196,55
0014	CAMA DE ARENA PARA PROTECCION DE TUBERIA	m3	1149,33	$ 20,96	$ 24.089,96
0015	REPLANTILLO DE HORMIGON SIMPLE e=0.05 m. f´c=140 kg/cm2	m2	217,84	$ 10,63	$ 2.315,64

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0016	HORMIGON SIMPLE f'c= 210kg/cmÂ² INCLUYE ENCOFRADO	m3	51,17	$ 216,53	$ 11.079,84
0017	TAPA REDONDA DE FIBRA DE VIDRIO Y POLIPROPILENO 600MM X 40 TONELADAS CON BISAGRA	u	13,00	$ 241,80	$ 3.143,40
0018	ACERO DE REFUERZO CORRUGADO f´y=4200 kg/cm2	kg	6470,94	$ 3,08	$ 19.930,50
0019	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO	m3	51,17	$ 6,60	$ 337,72
0020	INSTALACION DE TUBERIA PVC 175 mm PARA ALCANTARILLADO	ml	2831,61	$ 2,05	$ 5.804,80
0021	INSTALACION DE TUBERIA PVC 220 mm PARA ALCANTARILLADO	ml	785,12	$ 2,18	$ 1.711,56
0022	PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y ESTANQUEIDAD	ml	3616,13	$ 1,22	$ 4.411,68
0023	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, TRAZADO DE TUBERIA	ml	3616,73	$ 0,45	$ 1.627,53
0024	INSTALACION INTRADOMICILIARIA DE TUBERIA 125 mm. (Di:110 MM)	u	149,00	$ 19,01	$ 2.832,49
0025	ABATIMIENTO CON BOMBA DE 4"	hora	50,00	$ 9,38	$ 469,00
0026	TABLAESTACA METALICA	m2	100,00	$ 16,84	$ 1.684,00
0027	ENTIBADO DE MADERA	m2	539,13	$ 16,71	$ 9.008,86
0028	REPARACION DE GUIAS DE AAPP	u	50,00	$ 12,46	$ 623,00
0029	CERRAMIENTO CON MALLA GALVANIZADA DE 1,5m DE ALTURA CON ALAMBRE DE PUAS (INCLUYE INSTALACION)	m2	76,00	$ 37,64	$ 2.860,64
0030	SUMINISTRO DE TUBO DE HIERRO GALVANIZADO DE D=1 3/4" L=6m. (INCLUYE INSTALACION)	u	1,00	$ 32,72	$ 32,72
0031	SUMINISTRO E INSTALACION DE BIODIGESTOR CAPACIDAD 51.03m3 TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA CORRECTO FUNCIONAMIENTO	u	2,00	$ 36.934,44	$ 73.868,88
0032	LETRERO DE SEÑALIZACION	u	8,00	$ 73,57	$ 588,56
0033	CINTA DE PELIGRO	ml	500,00	$ 0,87	$ 435,00

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
0034	IMPLEMENTOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL (INCLUYE BOTAS, CHALECOS, GAFAS TAPONES AUDITIVOS, CASCOS)	u	12,00	$ 56,11	$ 673,32
0035	AGUA PARA CONTROL DEL POLVO	m3	50,00	$ 3,34	$ 167,00
0036	PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	u	50,00	$ 8,33	$ 416,50
TOTAL					**$ 309.883,23**

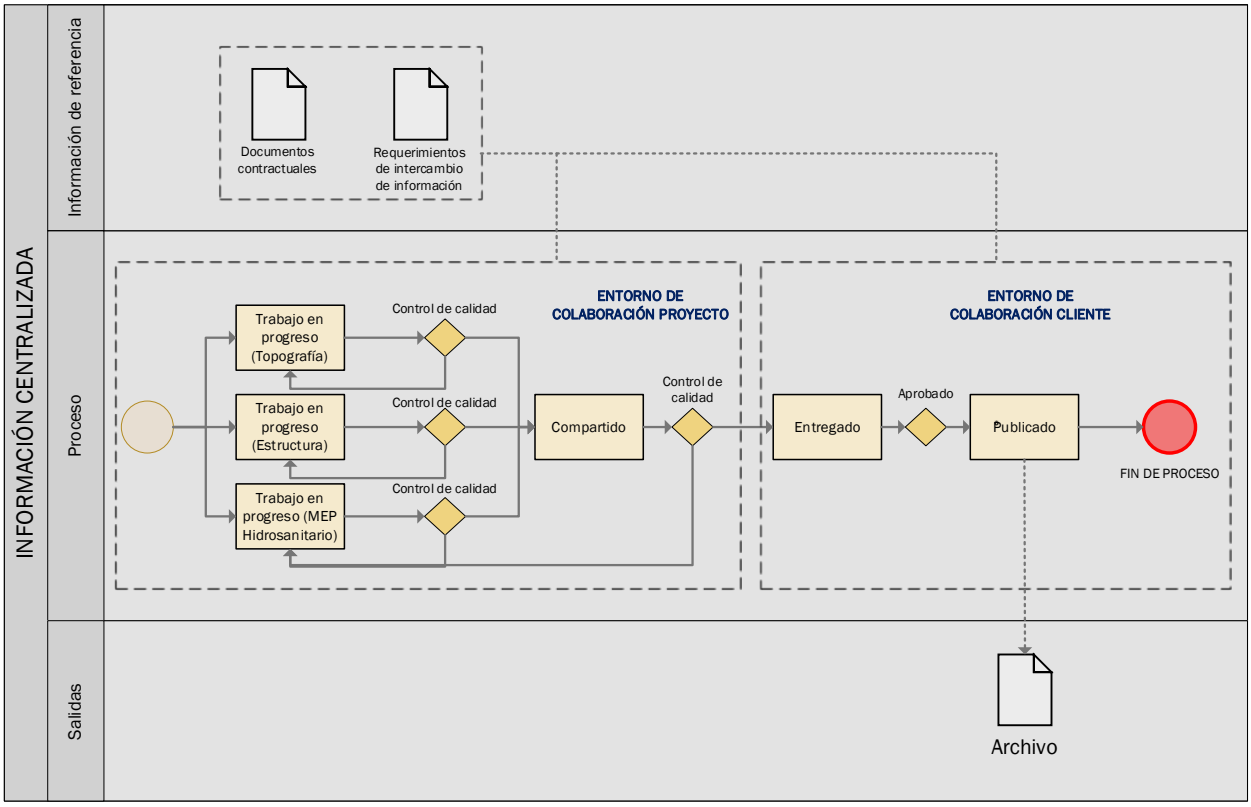
Documentación entregada por la entidad contratante

4.1.3 Implementación BIM

Para analizar la viabilidad de la implementación de la metodología y procesos BIM, se planteó escoger un proyecto realizado en el Ecuador y que se cuente con información completa y a detalle. En este caso el proyecto escogido es un proyecto de interés social donde el usuario final son los habitantes de la parroquia Ballenita.

Para poder identificar las ventajas de crear un modelo paramétrico que integre las disciplinas de topografía, MEP y estructural.

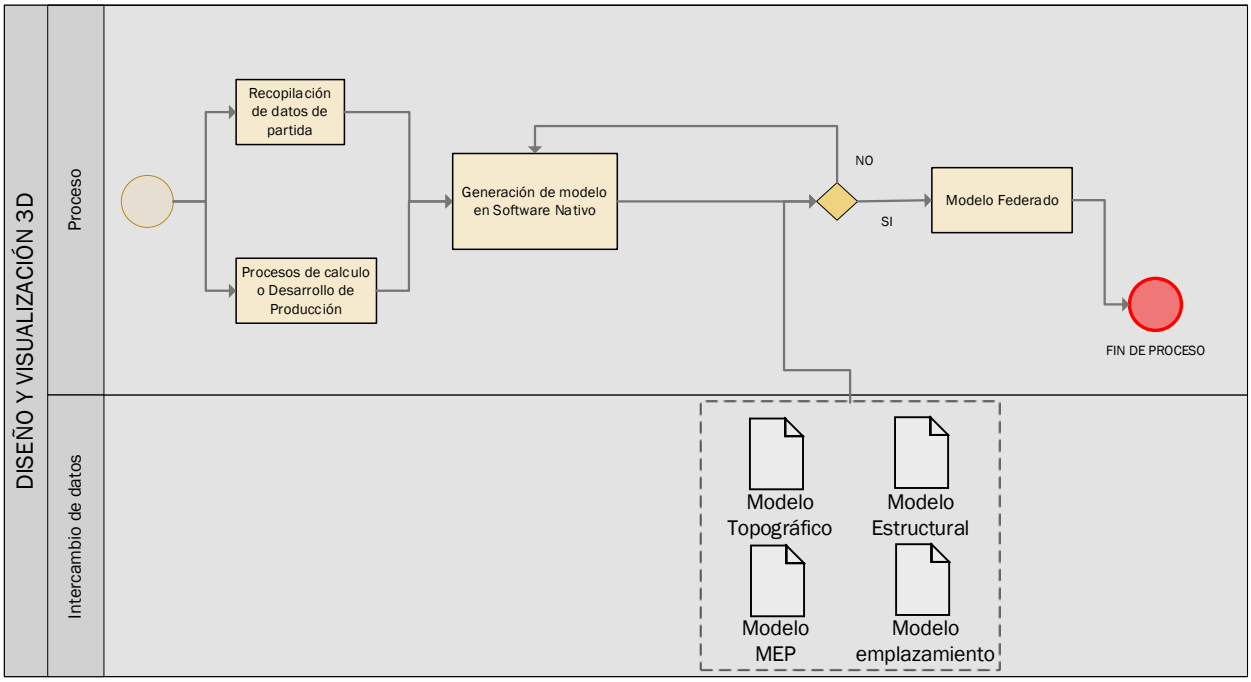
4.1.3.1 Procesos BIM a implementar



Elaboración propia

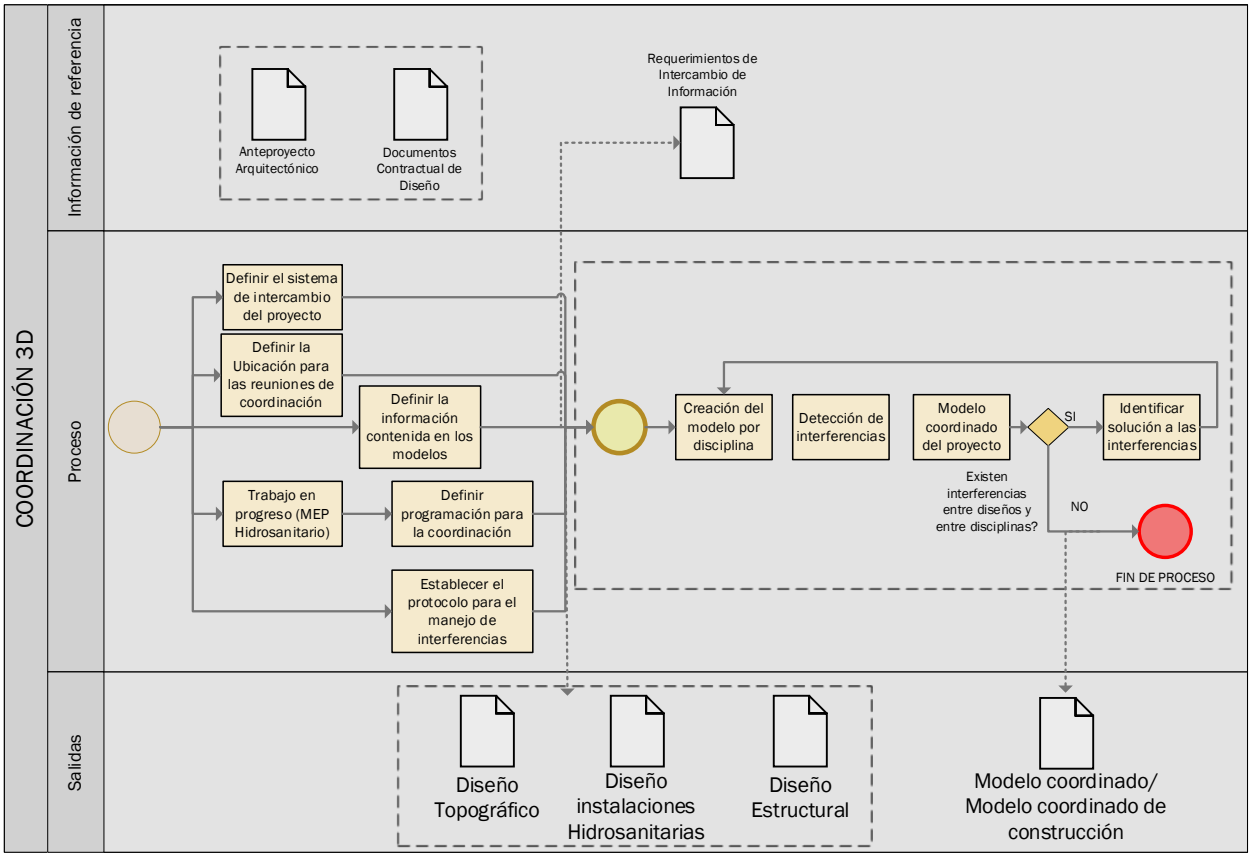
El proceso de la información centralizada inicia en base a los documentos contractuales y requerimientos de intercambio de información, que para nuestro caso de estudio son todos los documentos que fueron provistos por la entidad contratante, luego se procede con el entorno de colaboración de proyecto donde se modelan las disciplinas que a su vez pasan por un control de calidad previo a ser compartido, luego de que los modelos hayan sido verificados y validados por el revisor asignado de cada disciplina se procede con la entrega, luego de validada la entrega se

publica pasan a la fase del entorno de colaboración con el cliente, donde los documentos son entregados y publicados.



Elaboración propia

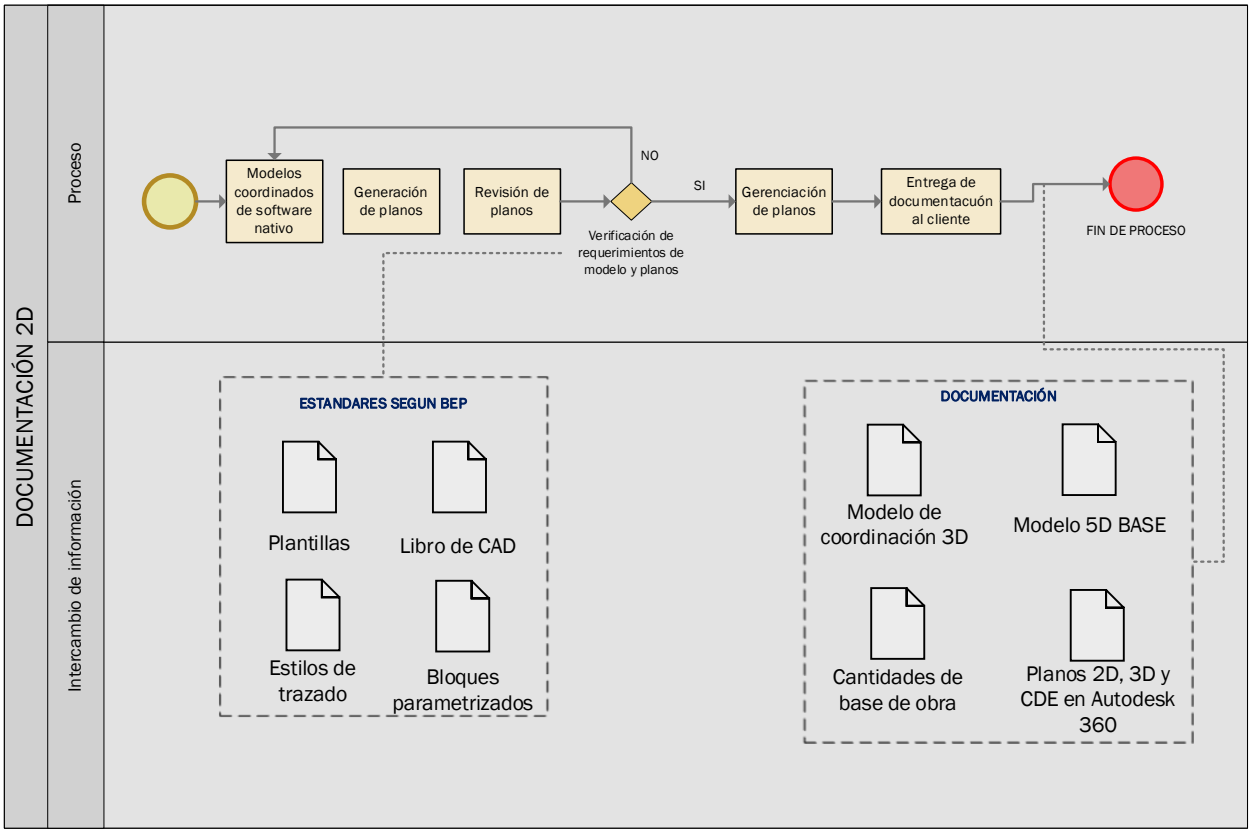
El proceso de diseño y visualización 3D inicia con la recopilación de datos de partida y el proceso de cálculo o desarrollo de producción para luego integrarlos y generar el modelo de en el software nativo y a su vez el modelo es verificado y validado por el coordinador BIM para obtener como resultado el modelo federado.



Elaboración propia

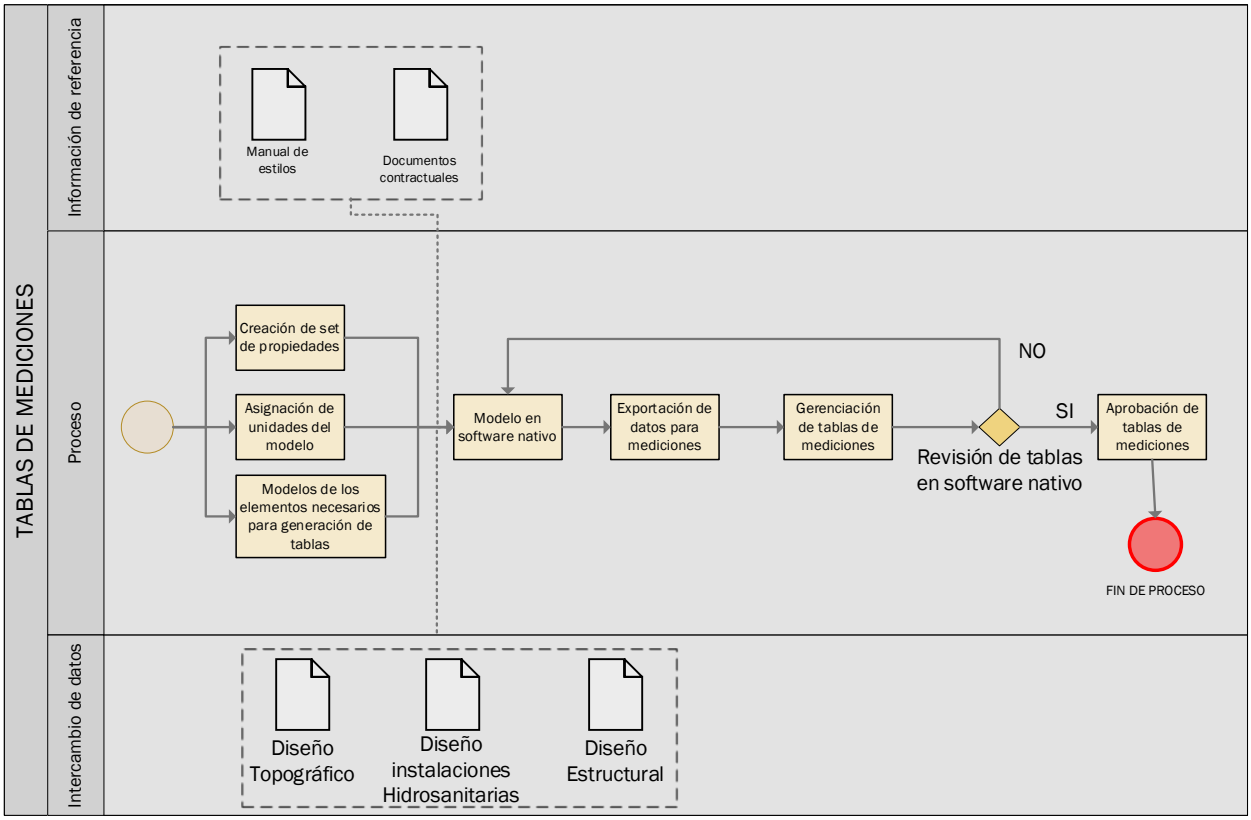
El proceso de coordinación 3D inicia con la definición del sistema de intercambio de proyectos, definir la ubicación para las reuniones de coordinación, definir la información contenida en los modelos, trabajos en progreso (MEP Hidrosanitario), definición de la programación de la coordinación y establecer el protocolo para manejo de interferencias, luego de identificados estos procesos se obtiene un modelo coordinado de proyecto para luego analizar si tiene o no interferencias, de tener interferencias se debe de identificar soluciones a las interferencias para

regresar a la creación del modelo por disciplinas, luego de subsanadas las interferencias pasa al fin del proceso.



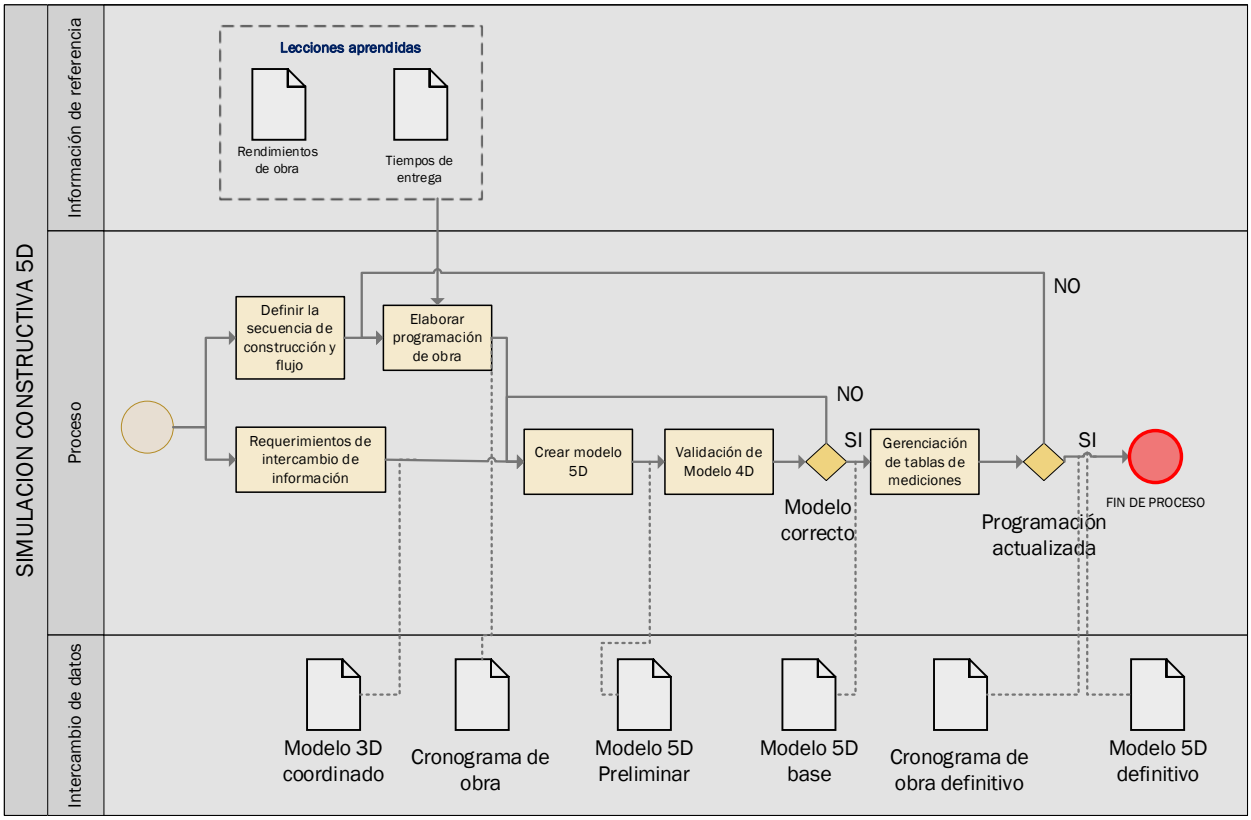
Elaboración propia

El proceso de documentación 2D parte de los modelos coordinados de software nativo posterior en el mismo software se generan los planos para luego pasa por la verificación de requerimientos de modelos y planos, luego de validar la verificación pasa la gerenciación de planos para que este pueda entregarse al cliente.



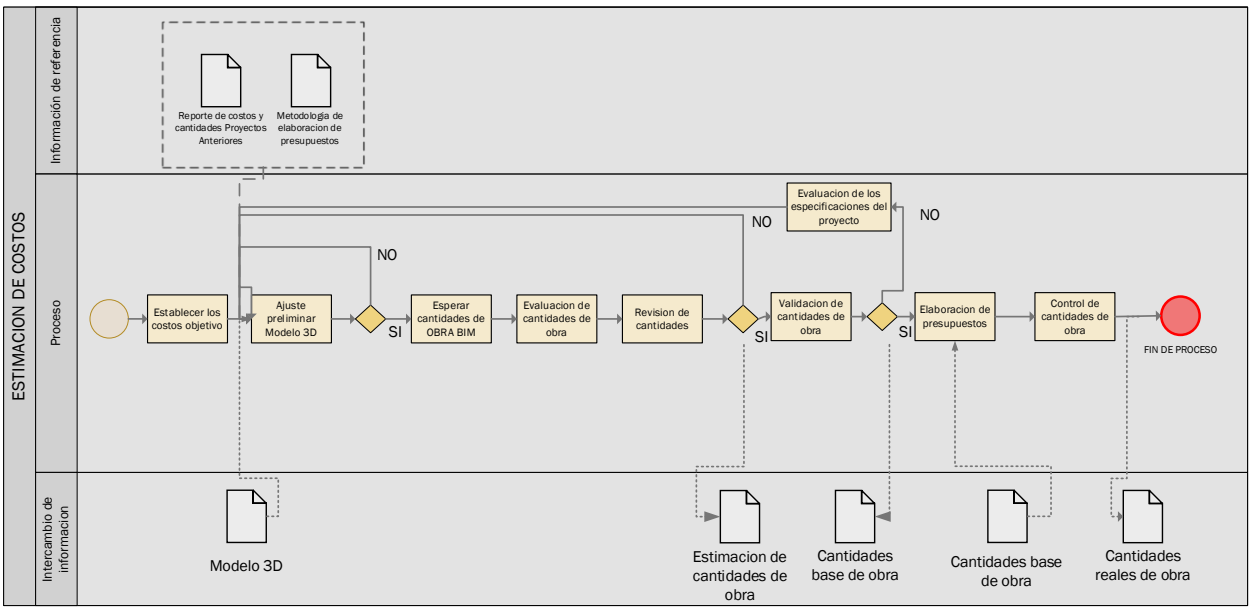
Elaboración propia

El proceso para las tablas de mediciones parte con la creación de propiedades, asignación de unidades del modelo y modelos de los elementos necesarios para generación de tablas. Para luego en el modelado en software nativo se procede con la exportación de datos para mediciones y luego la gerenciación de tablas de mediciones para pasar por revisión de tablas en software nativo, luego de validada la revisión de tablas en el software nativo este pasa a la aprobación de tablas de mediciones.



Elaboración propia

El proceso de la simulación constructiva 5D inicia con la definición de la secuencia de construcción y flujo y requerimientos de intercambio de información. Luego debe de elaborar la programación de obra, es decir considerando el tiempo, luego se procede con la creación del modelo 5D y posterior con la validación 4D, luego pasa por la revisión del modelo, si el modelo es correcto se procede con la gerenciación de tablas de mediciones, luego esta es validada y verificada.



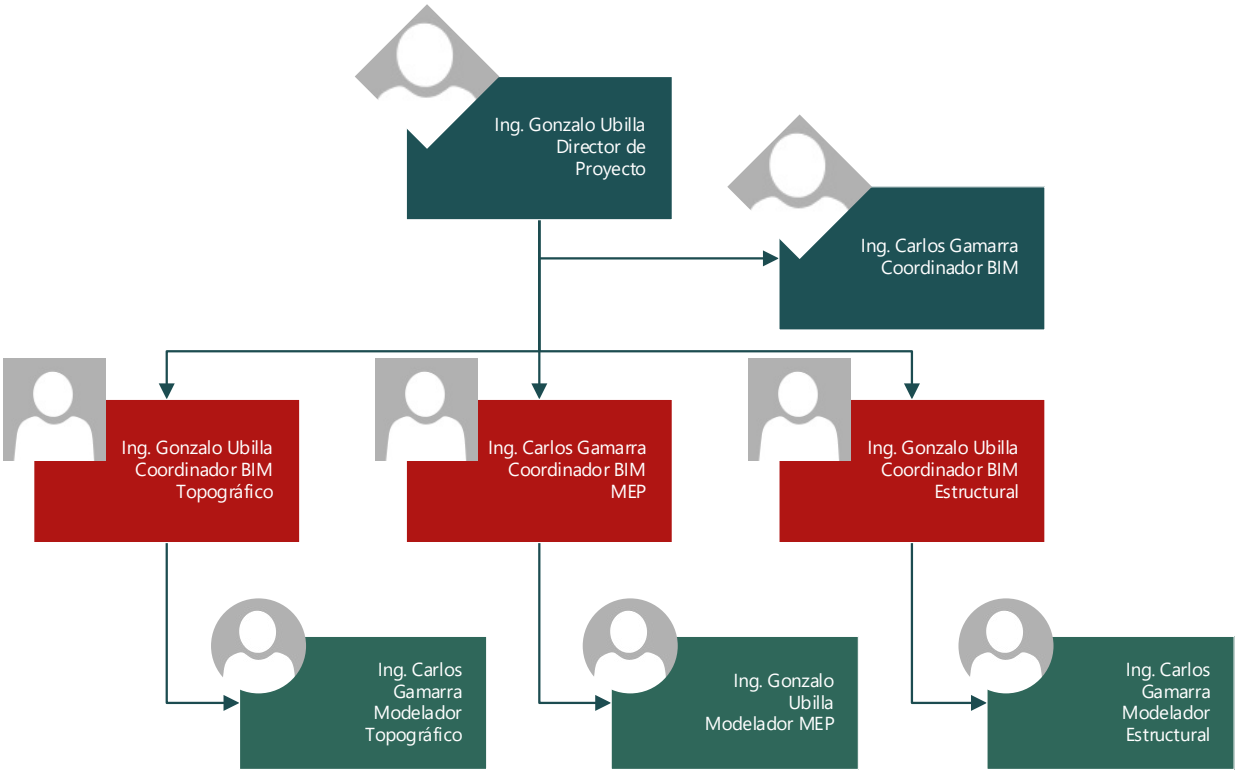
Elaboración propia

El proceso de estimación de costos inicia estableciendo los costos u objetivos, luego se ajusta el modelo preliminar 3D en función de los costos u objetivos. A partir del modelado 3D se extraen las cantidades de obra BIM, luego se evalúan las cantidades de obra y pasa al proceso de revisión de cantidades, luego de haber pasado el proceso de revisión pasa a la validación y verificación de cantidades de obra sigue con la elaboración de presupuesto y luego control de cantidades de obra.

4.1.3.2 softwares utilizados en la implementación BIM

Disciplina	Uso	Software	Versión	Icono	Formato
Entorno común de datos	Entorno común de datos	Autodesk360	2022		N.A.
Topografía	Diseño	Autocad + Revit	2022		.DWG .RVT
Estructura	Diseño	Autocad + Revit	2022		.DWG .RVT
MEP Hidrosanitario	Diseño	Autocad + Revit	2022		.DWG .RVT
Integración de todas las disciplinas	Coordinación 3D	Revit + Naviswork	2022		.RVT .NWF
	Simulación constructiva y cronograma	Naviswork + Project	2022		.NWF .mpp
	Control de costos y programación	Project + Excel	2022		.mpp .XLSX
	Documentación, planos 2D, Detalles.	Adobe Acrobat Pro	2022		.pdf
	Mediciones, tablas de cantidades	Excel	2022		.XLSX
	Comunicación	Microsoft Team	2022		N.A.

4.1.3.3 Roles BIM



4.1.3.4 Modelo Paramétrico

El modelo paramétrico de la red de alcantarillado sanitario se trabajó por separado en tres disciplinas: topografía, Estructural y MEP (tuberías). El software utilizado para el modelo 3D fue REVIT versión 2023 correspondiente a la familia de AUTODESK. La información base para desarrollar el modelado fueron los documentos técnicos contractuales, entregados en formato CAD y PDF. (Metodología Tradicional).

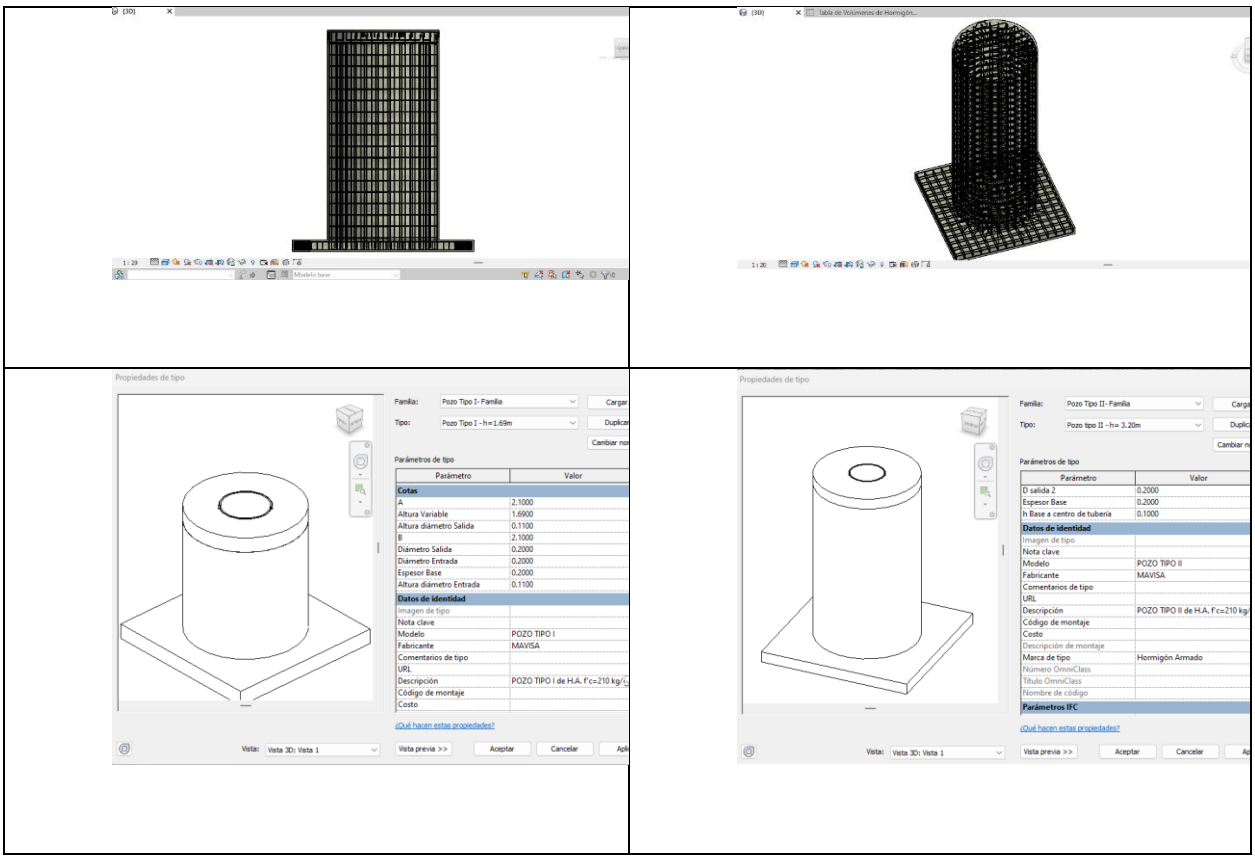
Es importante mencionar que se modelaron los rubros de mayor incidencia en el presupuesto, equivalentes al 89,58% del precio total.

Inicialmente se hizo un levantamiento topográfico con dron y RTK para obtener como producto una ortofoto georreferenciada sobre la cual se implanto el diseño de la red de alcantarillado, a su vez se realizó un gemelo digital de toda el área de trabajo. Luego se procedió a modelar los elementos en Revit tomando como referencias las cotas de proyecto y los planos de detalles.

En la disciplina estructural el modelador BIM, teniendo como base los planos de detalle en formato CAD realizo el modelado 3D de los 13 Pozos de inspección Tipo 1 (alturas de cámara menores a 4.50 metros) y Tipo 2 (altura de cámara mayores a 2.50 metros) con su respectiva distribución de acero longitudinal y transversal. Además, se llenaron parámetros tales como proveedor, material, resistencia a la compresión simple del hormigón, fluencia del acero y una breve descripción. De la misma manera se realizó el modelado 3D de las 149 cajas domiciliarias de alturas variables con su respectiva tapa de hormigón armado y su respectiva parametrización de datos

Figura 11.-

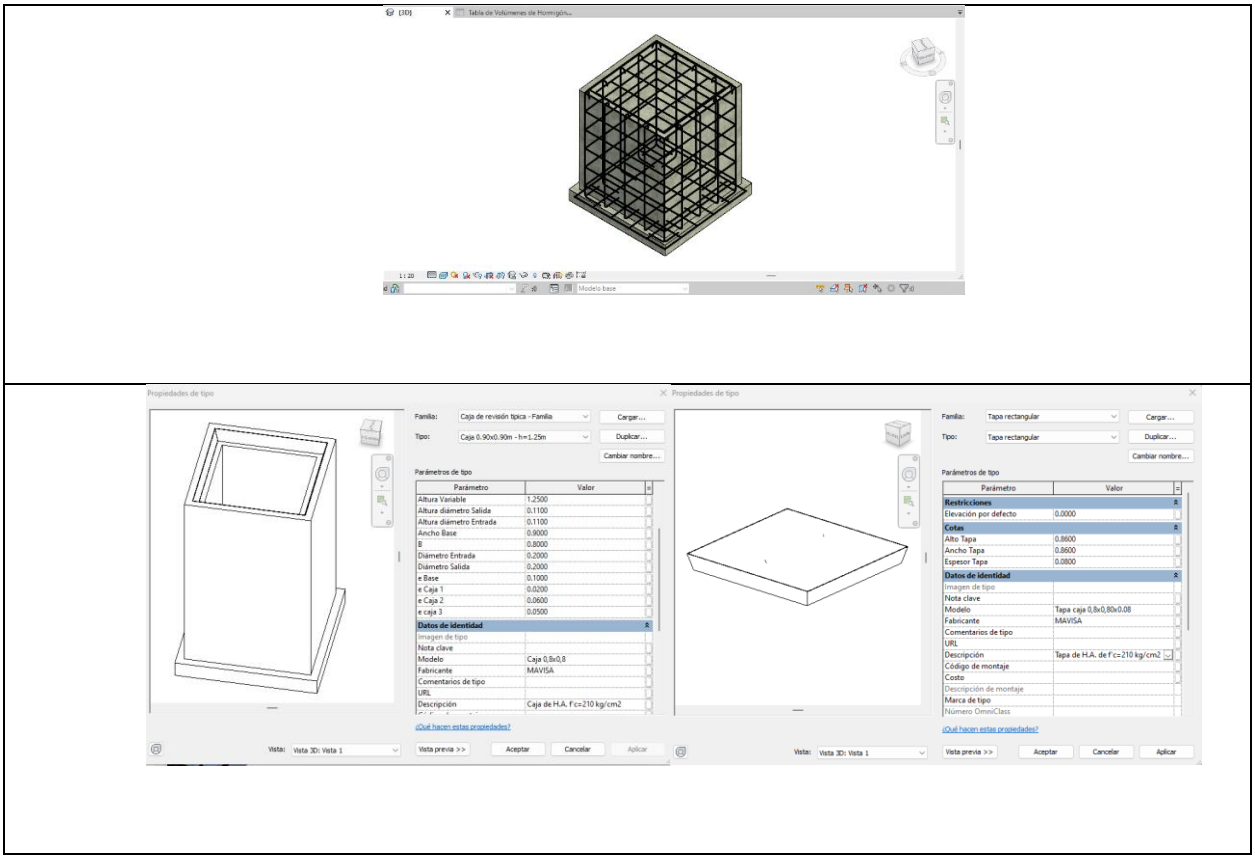
Modelado 3D de Pozos de inspección Tipo I y II, y parametrización de datos.



Elaboración propia

Figura 12.-

Modelo 3D de caja domiciliaria, tapa de hormigón y parametrización de datos.



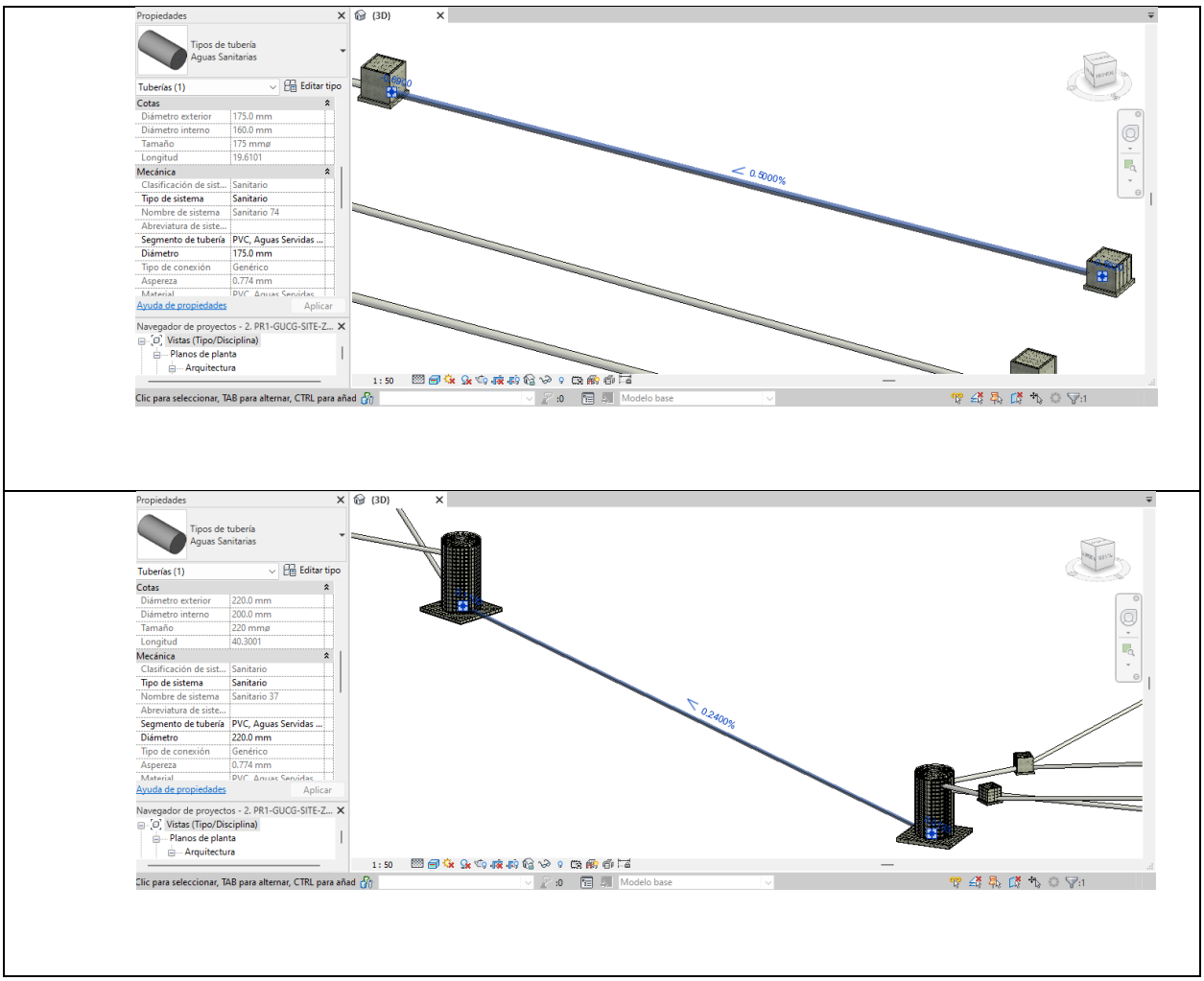
Elaboración propia

En la disciplina MEP se modelo 2834,01 metros lineales de tubería de diámetro externo 175mm (terciarias) y 674,46 metros lineales de tubería de diámetro externo 220mm (colectores y tirantes), con sus respectivas cotas de inicio, cotas de fin y pendientes. Se parametrizo datos tales

como fabricante, material y aspereza. Además, se modelo dos Biodigestores de PVC con capacidad de 55000 litros.

Figura 13.-

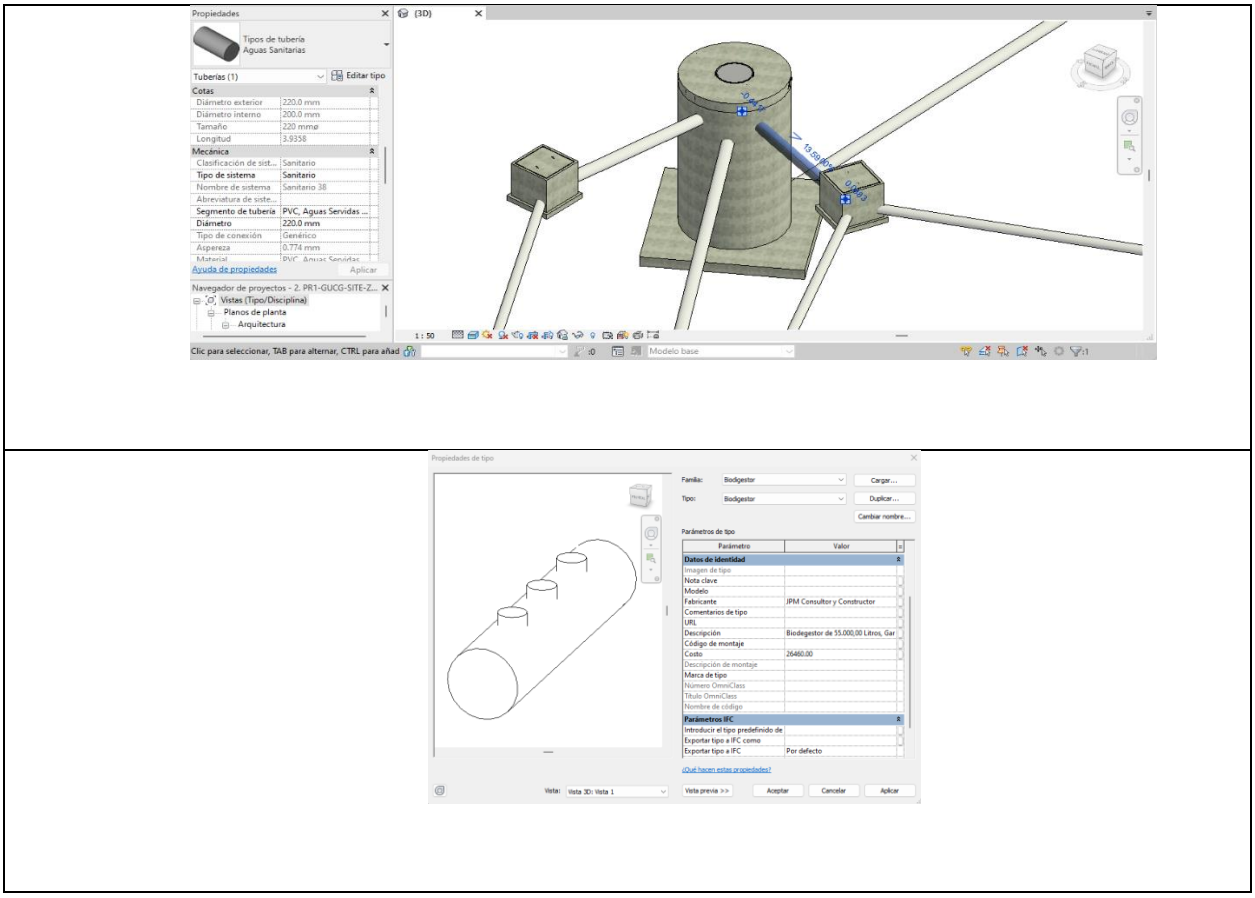
Modelo 3D de tuberías de diámetro externo 175mm y 220mm.



Elaboración propia

Figura 14.-

Modelo 3D de tuberías en tirantes y parametrización de datos de Biodigestores.

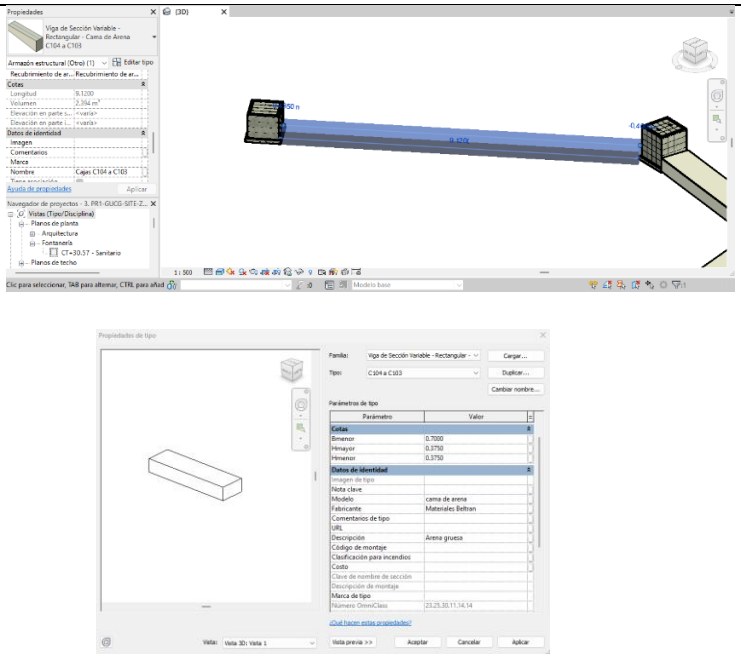


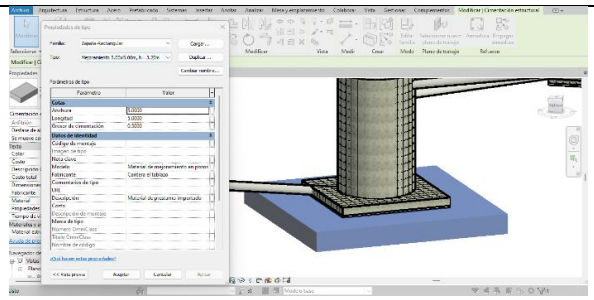
Elaboración propia

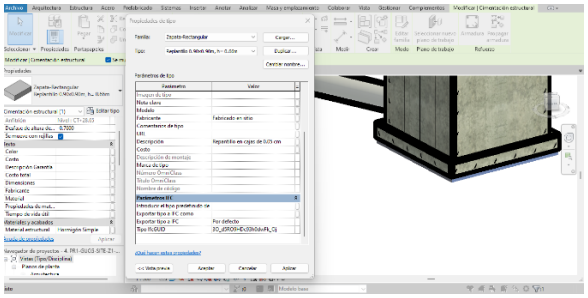
En el modelo topográfico mediante el dibujo 3D de cuerpos solidos se simularon los volúmenes de rubros de relleno y excavación. En los rubros de relleno se consideró la cama de arena que recubre 30 cm las diferentes tuberías del proyecto, el replantillo de 5 cm de espesor en los 13 pozos de inspección y 149 cajas domiciliarias, y los 50 cm de material de préstamo importado en la base de los pozos.

Figura 15.-

Modelado 3D de cama de arena, mejoramiento, replantillo y parametrización de datos.





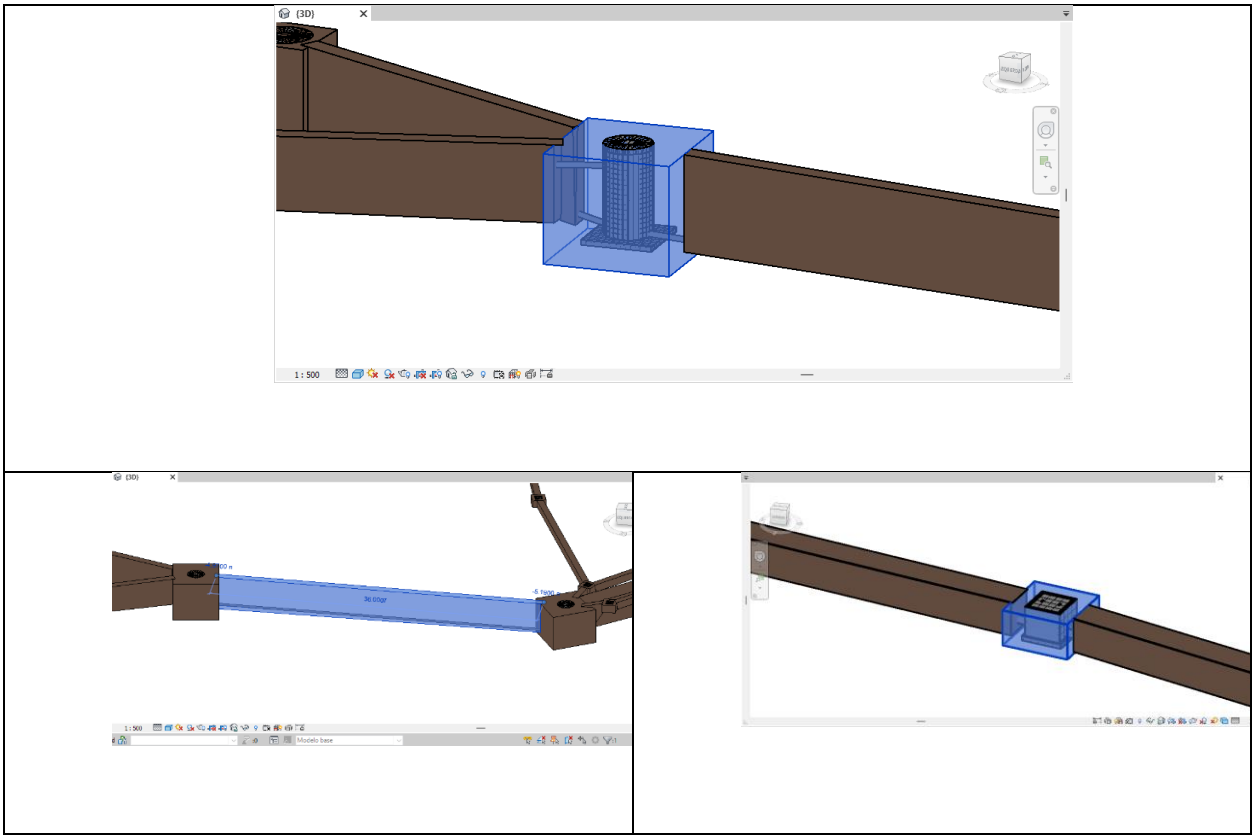


Elaboración propia

Así mismo se consideró los volúmenes de excavación en zanjas de tuberías colectoras (ancho de zanja de 0.80metros), terciarias (ancho de zanja 0,70 metros) y tirantes (ancho de zanjas 0,80 metros), y volumen de excavación en pozos de inspección tipo 1 y tipo 2 y el de las 149 cajas domiciliarias.

Figura 16.-

Modelado 3D de excavaciones en Pozos de inspección, cajas domiciliarias y zanjas de terciarias, colectoras y tirantes.

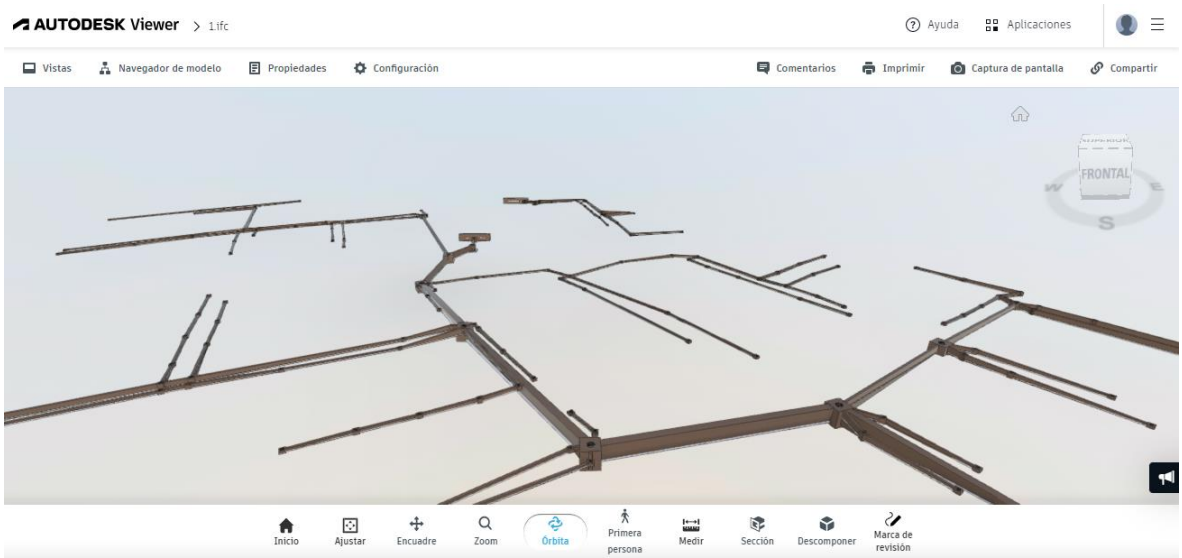


Elaboración propia

Todas los elementos de las tres disciplinas descritas anteriormente se coordinaron tridimensionalmente en un entorno común de datos, para esto se utilizó el software AUTODESK 360.

Figura 17.-

Coordinación 3D alcantarillado sanitario



Elaboración propia

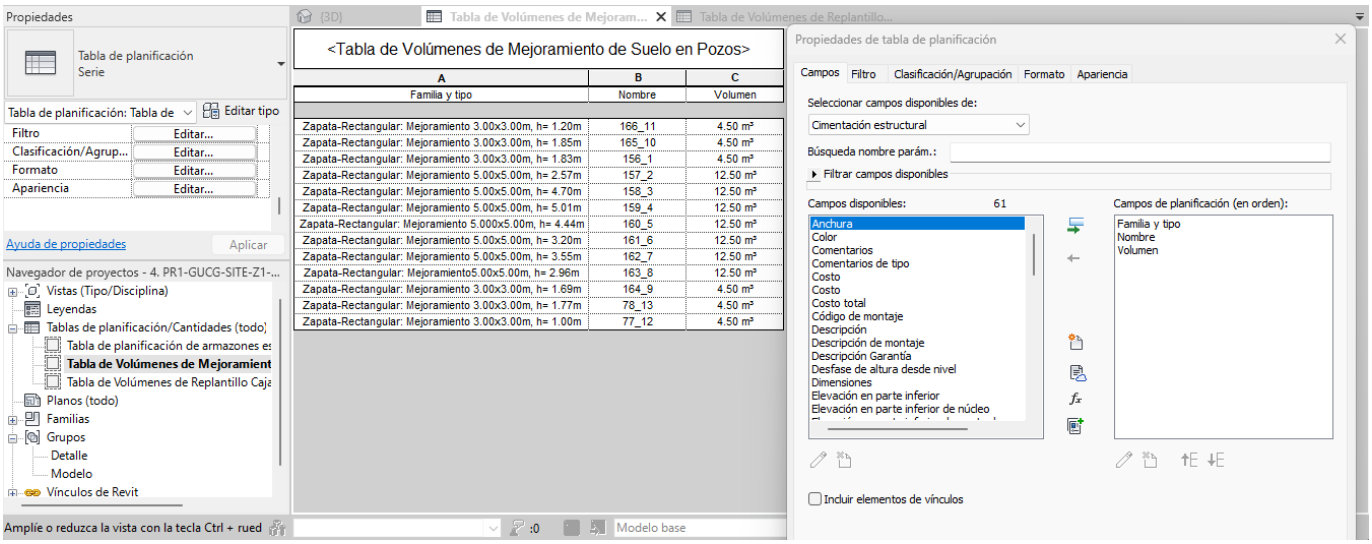
4.1.3.5 TABLA DE CANTIDADES

A partir del modelo paramétrico 3D de las disciplinas de movimientos de tierras, MEP y estructural se desarrollaron 13 tablas las cuales se detallan a continuación: Tabla de acero en Pozos, Tabla de acero en cajas domiciliarias, Volúmenes de hormigón de 13 pozos de inspección y 149 cajas domiciliarias, Tablas de longitud de tuberías colectores (D=220mm), tirantes y terciarias

(D=175 mm), Volúmenes de cama de arena, Excavación en zanjas de colectores, tirantes y terciarias, Excavación en pozos de inspección y cajas domiciliarias, Volúmenes de material de mejoramiento en pozos y volúmenes de re plantillo de pozos y cajas.

Figura 18.-

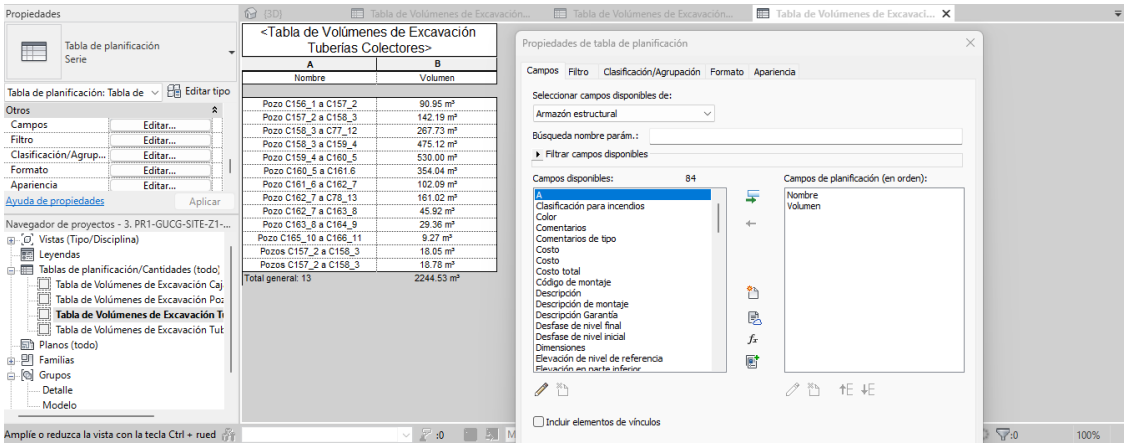
Captura en Revit de tabla de volúmenes de mejoramiento de suelo en pozos



Elaboración propia

Figura 19.-

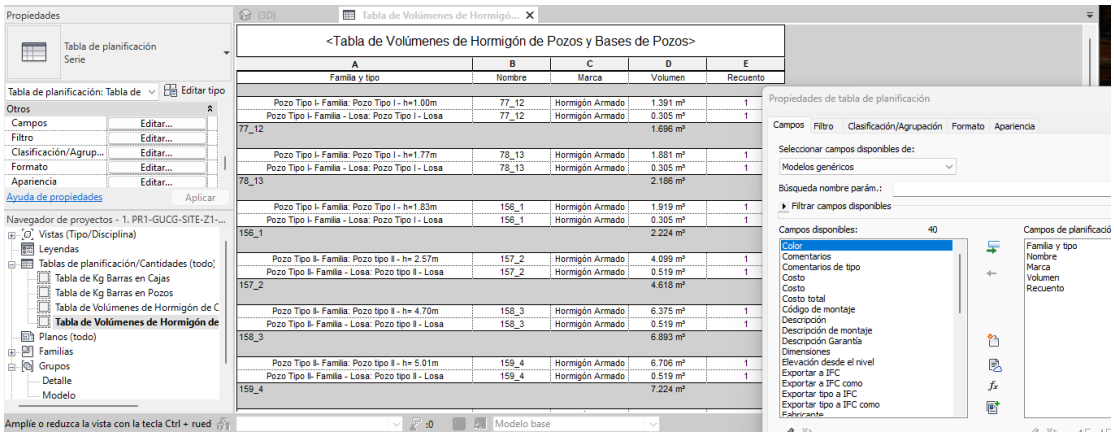
Captura en Revit de tabla de volúmenes de excavación para conformación de zanjas entre colectores



Elaboración propia

Figura 20.-

Captura en Revit de tabla de hormigón de pozos y bases de pozos.



Elaboración propia

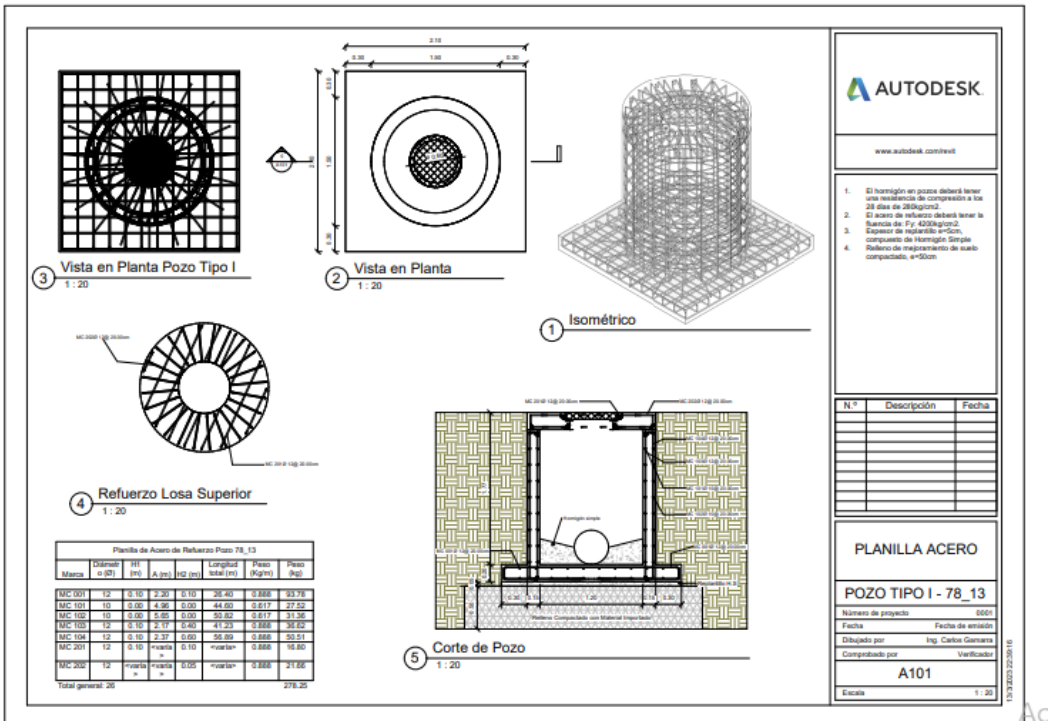
4.1.3.6 DOCUMENTACION 2D

A partir del modelo paramétrico se generaron los planos detalle de los 13 pozos de inspección y las 149 cajas domiciliarias en formato IFC, insumo necesario para el proveedor de

los prefabricados. Los planos de detalle de los pozos de inspección y las cajas domiciliarias contienen vistas en planta, vistas transversales e isométricos de zapatas, cuerpo de cámara y losa de tapa. Estas incluyen su respectiva distribución de acero, dimensiones y planilla de acero. A continuación, observamos un plano de detalle para cada tipo de pozo y cámara tipo

Figura 21.-

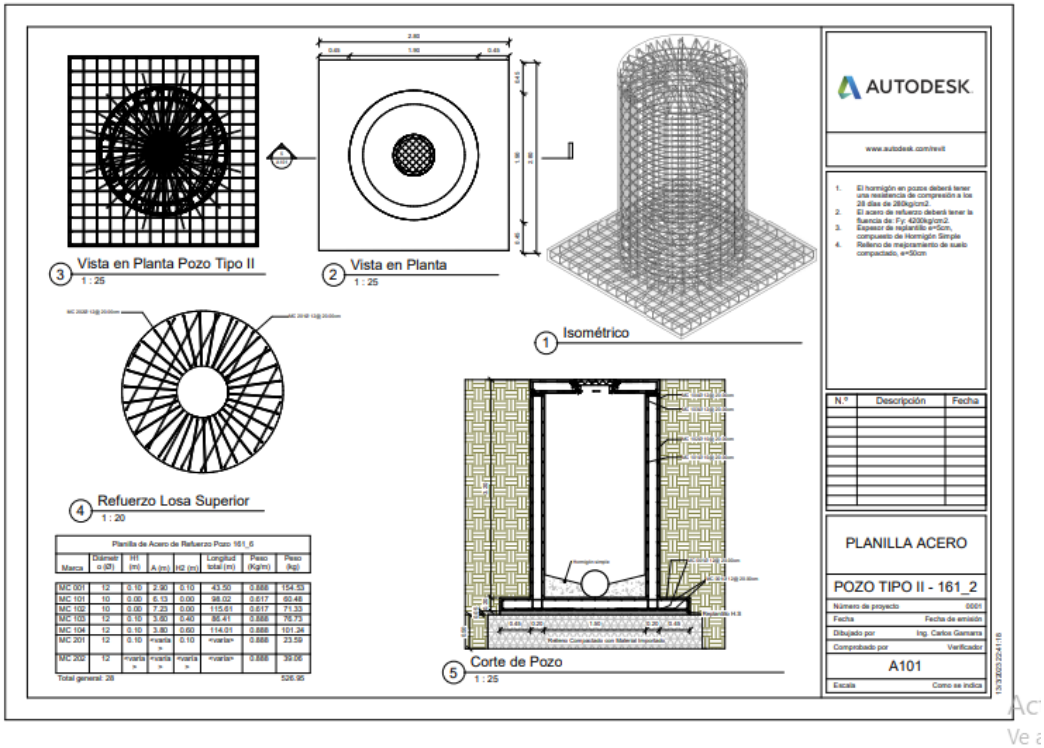
Captura de planos generados en Revit.



Elaboración propia

Figura 22.-

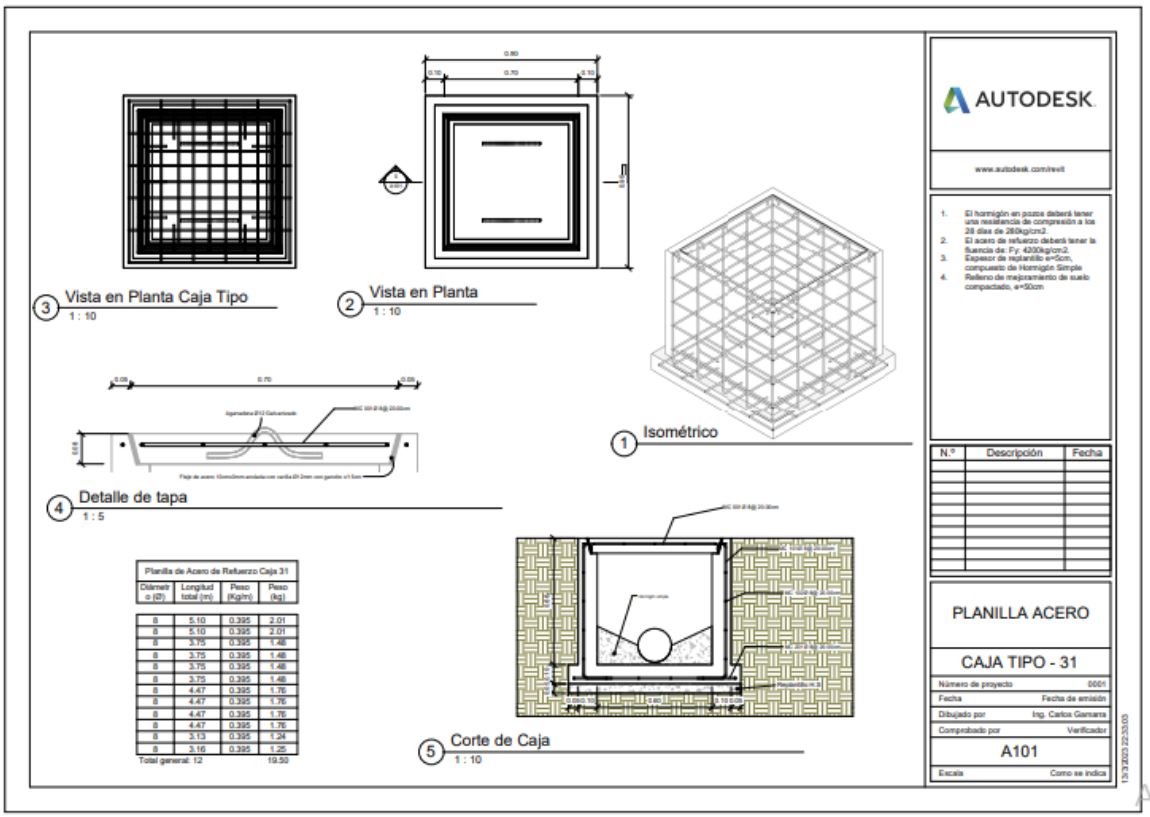
Captura de planos generados en Revit.



Elaboración propia

Figura 23.-

Captura de planos generados en Revit.



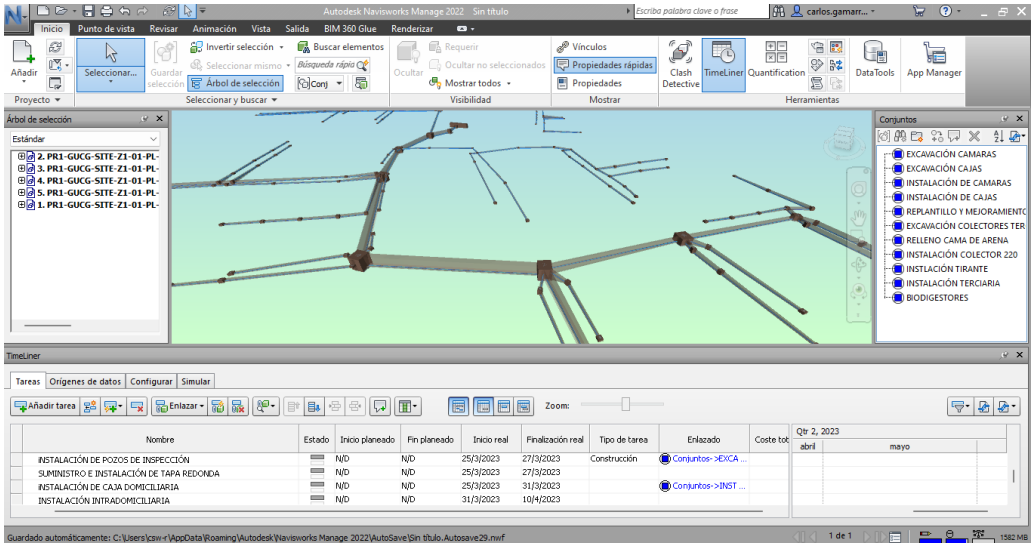
Elaboración propia

4.1.3.7 Planificación 5D

Para la planificación 5D se utilizó el software NAVISWORK, en el cual se añadió los archivos de REVIT vinculados en formato IFC donde se encuentran los modelados 3D de los principales rubros del proyecto (tuberías, pozos, cajas domiciliarias, excavaciones y rellenos). En la función TIMELINER se detallaron los 38 rubros BIM del alcantarillado sanitario con su respectiva fecha de comienzo de actividad, fecha de finalización y su precio total. Posteriormente se enlazaron los elementos correspondientes a cada rubro del presupuesto, obteniendo una simulación constructiva del proyecto de alcantarillado, la cual se puede utilizar como una herramienta de control de obra al comparar lo planificado con lo ejecutado, optimizando la toma decisiones de los directores de obra.

Figura 24.-

Captura de pantalla de simulación constructiva 5D en Naviswork.



Elaboración propia

4.2 ANALISIS COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIA TRADICIONAL E IMPLEMENTACION BIM

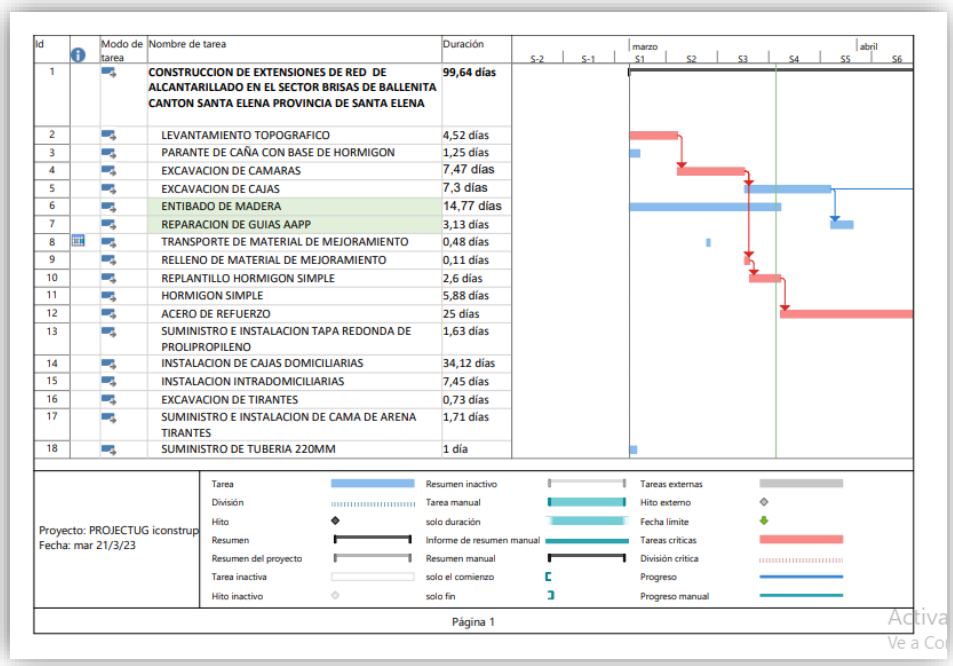
4.2.1 TIEMPO DE EJECUCION

Se realizó un análisis comparativo de la variable tiempo de la metodología tradicional y BIM tomando como base los rubros del presupuesto, sus respectivos recursos y rendimientos de la oferta presentada, inicialmente se subdividió en tareas más específicas para facilitar el análisis, respetando las cantidades obtenidas en cada metodología.

Se procedió a generar un Diagrama de Gantt en Microsoft Project para visualizar tiempo en días, actividades predecesoras y dependientes para obtener Ruta Crítica, de las dos metodologías.

Figura 25.-

Diagrama de Gantt. Metodología Tradicional

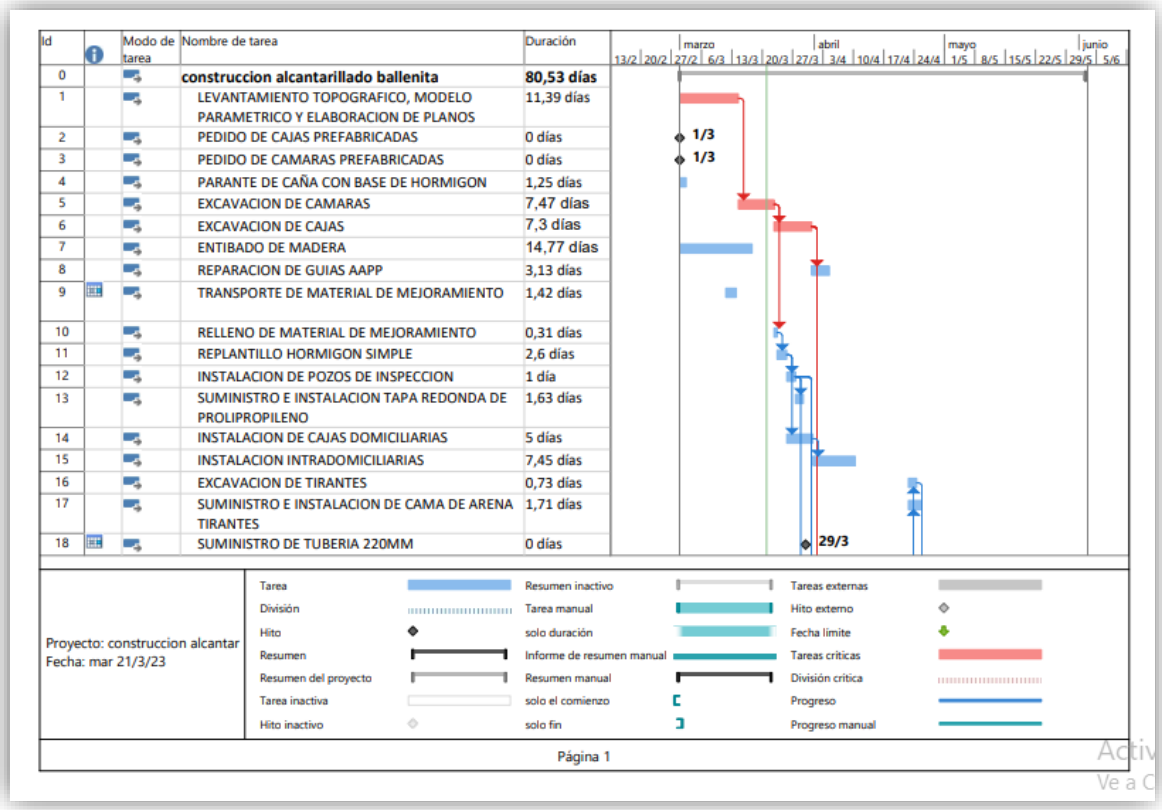


Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
1		**CONSTRUCCION DE EXTENSIONES DE RED DE ALCANTARILLADO EN EL SECTOR BRISAS DE BALLENITA CANTON SANTA ELENA PROVINCIA DE SANTA ELENA**	**99,64 días**
2		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	4,52 días
3		PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	1,25 días
4		EXCAVACION DE CAMARAS	7,47 días
5		EXCAVACION DE CAJAS	7,3 días
6		ENTIBADO DE MADERA	14,77 días
7		REPARACION DE GUIAS AAPP	3,13 días
8		TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	0,48 días
9		RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	0,11 días
10		REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE	2,6 días
11		HORMIGON SIMPLE	5,88 días
12		ACERO DE REFUERZO	25 días
13		SUMINISTRO E INSTALACION TAPA REDONDA DE PROLIPROPILENO	1,63 días
14		INSTALACION DE CAJAS DOMICILIARIAS	34,12 días
15		INSTALACION INTRADOMICILIARIAS	7,45 días
16		EXCAVACION DE TIRANTES	0,73 días
17		SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA TIRANTES	1,71 días
18		SUMINISTRO DE TUBERIA 220MM	1 día

Elaboración propia

Figura 26.-

Diagrama de Gantt. BIM



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración
0		**construccion alcantarillado ballenita**	**80,53 días**
1		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, MODELO PARAMETRICO Y ELABORACION DE PLANOS	11,39 días
2		PEDIDO DE CAJAS PREFABRICADAS	0 días
3		PEDIDO DE CAMARAS PREFABRICADAS	0 días
4		PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	1,25 días
5		EXCAVACION DE CAMARAS	7,47 días
6		EXCAVACION DE CAJAS	7,3 días
7		ENTIBADO DE MADERA	14,77 días
8		REPARACION DE GUIAS AAPP	3,13 días
9		TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	1,42 días
10		RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	0,31 días
11		REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE	2,6 días
12		INSTALACION DE POZOS DE INSPECCION	1 día
13		SUMINISTRO E INSTALACION TAPA REDONDA DE PROLIPROPILENO	1,63 días
14		INSTALACION DE CAJAS DOMICILIARIAS	5 días
15		INSTALACION INTRADOMICILIARIAS	7,45 días
16		EXCAVACION DE TIRANTES	0,73 días
17		SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA TIRANTES	1,71 días
18		SUMINISTRO DE TUBERIA 220MM	0 días

Elaboración propia

Se observó que las actividades de las rutas criticas cambian de una metodología a otra, al cambiar la forma de trabajo, ya que en metodología BIM las 13 cámaras de inspección y las 149 cajas domiciliarias son prefabricadas y entregadas bajo la modalidad just in time, reduciendo así los tiempos versus la fundición en sitio de las mismas con la metodología tradicional. Otro rubro que varía es el rubro inicial de levantamiento topográfico ya que en metodología BIM este tiempo aumenta ya que se realiza a su vez el modelo paramétrico.

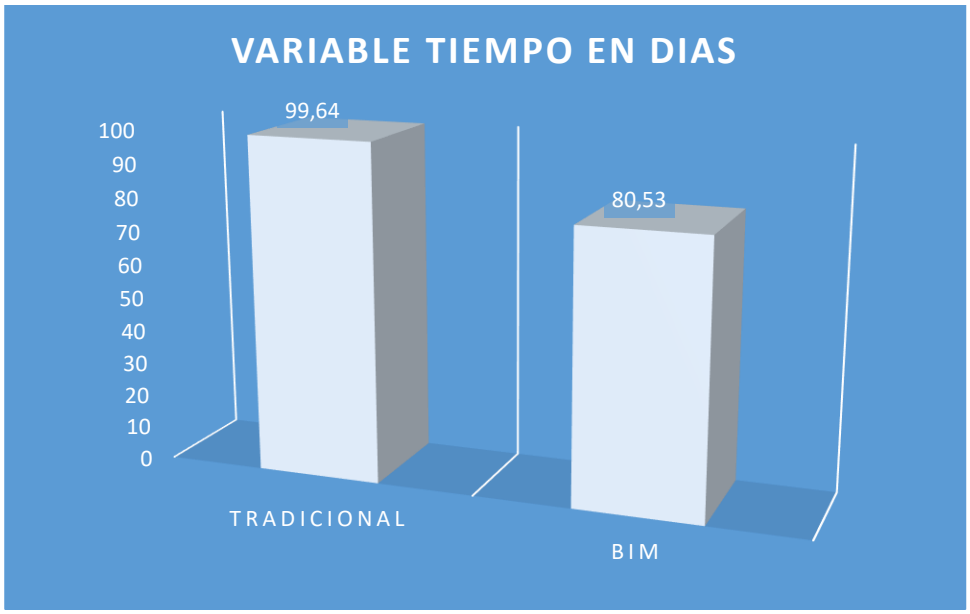
Tabla 13.-

Tarea Críticas

TAREAS CRITICAS	
METODOLOGÍA TRADICIONAL	**METODOLOGIA BIM**
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, MODELO PARAMETRICO Y ELABORACION DE PLANOS
EXCAVACION DE CAMARAS	EXCAVACION DE CAMARAS
RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	EXCAVACION DE CAJAS
REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE	INSTALACION DE TUBERIAS COLECTORES (220MM)
ACERO DE REFUERZO	INSTALACION DE TIRANTES (220MM)
HORMIGON SIMPLE	INSTALACION DE TUBERIA TERCIARIAS
INSTALACION DE TUBERIAS COLECTORES (220MM)	
INSTALACION DE TIRANTES (220MM)	
INSTALACION DE TUBERIA TERCIARIAS	

Elaboración propia

Como resultado tenemos que el tiempo de la obra implementado la metodología BIM disminuye 19,11 días representando alrededor del 19,18% de reducción de tiempo.



4.2.2 COSTOS

4.2.2.1 Comparación de costos directos metodología tradicional vs metodología BIM

Se realiza inicialmente el análisis comparativo de los costos directos total planificado de la oferta calculado por metodología BIM y de forma tradicional por el método 2D, donde se aprecian algunas variaciones puntuales debido a la diferencia de cantidades afectando no significativamente el precio total.

Tabla 14.-

Tabla de costos directos planificados con metodología tradicional y BIM.

No.	DESCRIPCIÓN	U	CANT. TRAD	COSTO DIRECTO SUBTOTAL	CANT. BIM	COSTOS DIRECTOS SUBTOTAL	DIF
1	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE PVC RIGIDO DE 175 mm (160mm INT.) PARA ALCANTARILLADO	ml	2831,61	$ 25.994,18	2834,01	$ 26.016,21	0,08%
2	SUMINISTRO DE TUBERÍA RIGIDO DE PVC DE 220 mm(200mm INT.) PARA ALCANTARILLADO)	ml	785,12	$ 12.538,37	674,46	$ 10.771,13	-14,09%
3	CAJA DOMICILIARIA DE H.A < 1.00 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	88	$ 16.182,32	88	$ 16.182,32	0,00%
4	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 1.0 A 1.5 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	33	$ 7.453,38	33	$ 7.453,38	0,00%
5	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 1.5 A 2,0 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	14	$ 4.827,62	14	$ 4.827,62	0,00%
6	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 2.0 A 2.5 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	12	$ 5.294,16	12	$ 5.294,16	0,00%
7	CAJA DOMICILIARIA DE H.A. DE 2.5 A 3.0 MT. 0,80 x 0,80 (INCLUYE TAPA Y MARCO METALICO)	u	2	$ 1.169,18	2	$ 1.169,18	0,00%
8	EXCAVACION A MAQUINA H= 0 A 4.00 MT	m3	6135,51	$ 18.112,64	6171,2	$ 18.218,00	0,58%
10	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE	m3	1434,93	$ 2.855,51	1421,041	$ 2.827,87	-0,97%
11	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO (ARENOSO)	m3	4700,58	$ 19.413,40	4750,159	$ 19.618,16	1,05%
12	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3	46,8	$ 379,55	137,4	$ 1.114,31	193,59 %
13	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO	m3-km	701,98	$ 161,46	2060,94	$ 474,02	193,59 %
14	CAMA DE ARENA PARA PROTECCION DE TUBERIA	m3	1149,33	$ 19.423,68	1165,38	$ 19.694,92	1,40%
15	REPLANTILLO DE HORMIGON SIMPLE e=0.05 m. f´c=140 kg/cm2	m2	217,84	$ 1.866,89	207,8	$ 1.780,85	-4,61%
16	HORMIGON SIMPLE f'c= 210kg/cmÂ² INCLUYE ENCOFRADO (POZOS)	m3	51,17	$ 8.935,31	53,799	$ 9.394,38	5,14%

No.	DESCRIPCIÓN	U	CANT. TRAD	COSTO DIRECTO SUBTOTAL	CANT. BIM	COSTOS DIRECTOS SUBTOTAL	DIF
17	TAPA REDONDA DE FIBRA DE VIDRIO Y POLIPROPILENO 600MM X 40 TONELADAS CON BISAGRA	u	13	$ 2.535,00	13	$ 2.535,00	0,00%
18	ACERO DE REFUERZO CORRUGADO f´y=4200 kg/cm2 (POZOS)	kg	6470,94	$ 16.112,64	6470,94	$ 16.112,64	0,00%
19	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO	m3	51,17	$ 272,22	53,799	$ 286,21	5,14%
20	INSTALACION DE TUBERIA PVC 175 mm PARA ALCANTARILLADO	ml	2831,61	$ 4.672,16	2834,01	$ 4.676,12	0,08%
21	INSTALACION DE TUBERIA PVC 220 mm PARA ALCANTARILLADO	ml	785,12	$ 1.381,81	674,46	$ 1.187,05	-14,09%
22	PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y ESTANQUEIDAD	ml	3616,73	$ 3.544,40	3508,47	$ 3.438,30	-2,99%
23	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, TRAZADO DE TUBERIA	ml	3616,73	$ 1.338,19	3508,47	$ 1.298,13	-2,99%
24	INSTALACION INTRADOMICILIARIA DE TUBERIA 125 mm. (Di:110 MM)	u	149	$ 2.284,17	149	$ 2.284,17	0,00%
25	ABATIMIENTO CON BOMBA DE 4"	hora	50	$ 378,00	50	$ 378,00	0,00%
26	TABLAESTACA METALICA	m2	100	$ 1.358,00	100	$ 1.358,00	0,00%
27	ENTIBADO DE MADERA	m2	539,13	$ 7.262,08	539,13	$ 7.262,08	0,00%
28	REPARACION DE GUIAS DE AAPP	u	50	$ 502,50	50	$ 502,50	0,00%
29	CERRAMIENTO CON MALLA GALVANIZADA DE 1,5m DE ALTURA CON ALAMBRE DE PUAS (INCLUYE INSTALACION)	m2	76	$ 2.306,60	76	$ 2.306,60	0,00%
30	SUMINISTRO DE TUBO DE HIERRO GALVANIZADO DE D=1 3/4" L=6m. (INCLUYE INSTALACION)	u	1	$ 26,39	1	$ 26,39	0,00%
31	SUMINISTRO E INSTALACION DE BIODIGESTOR CAPACIDAD 51.03m3 TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA CORRECTO FUNCIONAMIENTO	u	2	$ 59.582,64	2	$ 59.582,64	0,00%
32	LETRERO DE SEÑALIZACION	u	8	$ 474,64	8	$ 474,64	0,00%
33	CINTA DE PELIGRO	ml	500	$ 350,00	500	$ 350,00	0,00%
34	IMPLEMENTOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL (INCLUYE BOTAS, CHALECOS,	u	12	$ 543,00	12	$ 543,00	0,00%

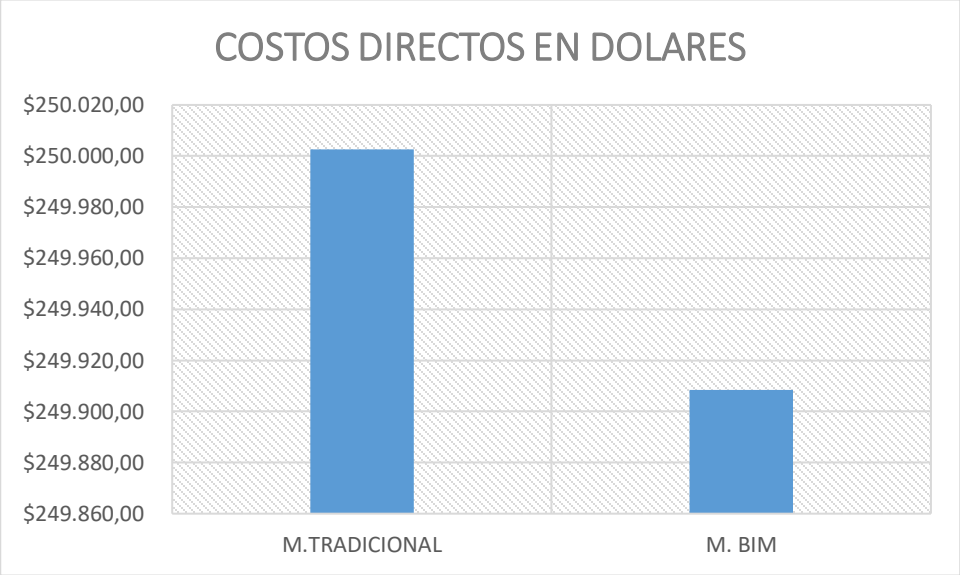
No.	DESCRIPCIÓN	U	CANT. TRAD	COSTO DIRECTO SUBTOTAL	CANT. BIM	COSTOS DIRECTOS SUBTOTAL	DIF
	GAFAS TAPONES AUDITIVOS, CASCOS)						
35	AGUA PARA CONTROL DEL POLVO	m3	50	$ 134,50	50	$ 134,50	0,00%
36	PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	u	50	$ 336,00	50	$ 336,00	0,00%
	TOTAL COSTOS DIRECTOS			**$ 250.002,57**		**$ 249.908,48**	**-0,04%**

Elaboración propia

En la comparación se encuentra que hay una reducción de 0,04% entre los precios totales de los costos directos. Esta diferencia en presupuestos de mayor volumen de cantidades tendería a aumentar.

Figura 27.-

Costos directos en dólares



Elaboración propia

4.2.2.2 Comparación de costos directos reales metodología Tradicional vs metodología BIM

Para el siguiente análisis se asumió un escenario pesimista de aumento en un 5% del costo directo de lo planificado queriendo simular la realidad del sector de la construcción hoy en día de acuerdo a la encuesta realizada en capítulos anteriores. Además, se estimó el precio del m3 de

hormigón armado prefabricado de los pozos de inspección en 700 dólares y 600 dólares cajas domiciliarias.

En la tabla a continuación se obtiene como resultado el costo directo total con metodología BIM resultando un valor de $261814,62 dolares.

Tabla 15.-

Tabla de costos directos con metodología BIM

No.	BIM			
	RUBROS	CANTIDAD	COSTO DIRECTO UNITARIO	COSTO DIRECTO TOTAL
1	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO, MODELO PARAMETRICO Y ELABORACION DE PLANOS	3508,47	$ 0,57	$ 1.999,83
2	PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	50	$ 6,72	$ 336,00
3	EXCAVACION DE CAMARAS	854	$ 2,95	$ 2.519,30
4	EXCAVACION DE CAJAS	833,98	$ 2,95	$ 2.460,24
5	ENTIBADO DE MADERA	539,13	$ 13,47	$ 7.262,08
6	REPARACION DE GUIAS AAPP	50	$ 10,05	$ 502,50
7	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	2060,94	$ 0,23	$ 474,02
8	RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	137,4	$ 8,11	$ 1.114,31
9	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE	207,8	$ 8,57	$ 1.780,85
10	INSTALACION DE POZOS DE INSPECCION	53,80	$ 700,00	$ 37.659,30
11	SUMINISTRO E INSTALACION TAPA REDONDA DE PROLIPROPILENO	13	$ 195,00	$ 2.535,00
12	INSTALACION DE CAJAS DOMICILIARIAS	57,13	$ 600,00	$ 34.278,00
13	INSTALACION INTRADOMICILIARIAS	149	$ 15,33	$ 2.284,17
14	EXCAVACION DE TIRANTES	83,21	$ 2,95	$ 245,47
15	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA TIRANTES	19,14	$ 16,90	$ 323,47

No.	BIM			
	RUBROS	CANTIDAD	COSTO DIRECTO UNITARIO	COSTO DIRECTO TOTAL
16	SUMINISTRO DE TUBERIA 220MM	674,46	$ 15,97	$ 10.771,13
17	INSTALACION DE TIRANTES (220MM)	80,66	$ 1,76	$ 141,96
18	EXCAVACION DE COLECTORES	2247,1	$ 2,95	$ 6.628,95
19	TABLAESTACA METALICO	100	$ 13,58	$ 1.358,00
20	INSTALACION DE TUBERIAS COLECTORES (220MM)	593,8	$ 1,76	$ 1.045,09
21	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA COLECTORES	469,09	$ 16,90	$ 7.927,62
22	SUMINISTRO DE TUBERIA 175MM	2834,01	$ 9,18	$ 26.016,21
23	EXCAVACION DE TERCIARIAS	2152,91	$ 2,95	$ 6.351,08
24	INSTALACION DE TUBERIA TERCIARIAS	2834,01	$ 1,65	$ 4.676,12
25	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA (TERCIARIAS)	677,15	$ 16,90	$ 11.443,84
26	RELLENO DE MATERIAL DE SITIO COMPACTADO	4750,159	$ 4,13	$ 19.618,16
27	DESALOJO DE MATERIAL	1421,041	$ 1,99	$ 2.827,87
28	PRUEBAS DE ESTANQUEDIDAD Y CONTINUIDAD	3508,47	$ 0,98	$ 3.438,30
29	INSTALACION DE BIODIGESTOR CAPACIDAD 51.03 M3	2	$ 29.791,32	$ 59.582,64
30	SUMINISTRO E INSTALACION TUBO DE HIERRO	1	$ 26,39	$ 26,39
31	CERRAMIENTO CON MALLA	76	$ 30,35	$ 2.306,60
32	ABATIMIENTO CON BOMBA DE 4"	50	$ 7,56	$ 378,00
33	LETRERO DE SEÑALIZACION	8	$ 59,33	$ 474,64
34	CINTA DE PELIGRO	500	$ 0,70	$ 350,00
35	IMPLEMENTOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL (INCLUYE BOTAS, CHALECOS, GAFAS TAPONES AUDITIVOS, CASCOS)	12	$ 45,25	$ 543,00
36	AGUA PARA CONTROL DEL POLVO	50	$ 2,69	$ 134,50
TOTAL BIM COSTO DIRECTO				**$ 261.814,62**

Elaboración propia

Luego se procede a calcular el costo directo total con la metodología tradicional rn un escenario real o pesimista obteniendo como resultado un valor 262.489,15 dólares

Tabla 16.-

Tabla de costos directos con metodología Tradicional escenario pesimista

TRADICIONAL					
No.	**RUBROS**	**CANT.**	**CD UNIT.**	**CD TOT.**	**CD TOTAL ESCENARIO PESIMISTA**
1	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	3616,73	$ 0,37	$ 1.338,19	$ 1.405,10
2	PARANTE DE CAÑA CON BASE DE HORMIGON	50	$ 6,72	$ 336,00	$ 352,80
3	EXCAVACION DE CAMARAS	854	$ 2,95	$ 2.519,30	$ 2.645,27
4	EXCAVACION DE CAJAS	833,98	$ 2,95	$ 2.460,24	$ 2.583,25
5	ENTIBADO DE MADERA	539,13	$ 13,47	$ 7.262,08	$ 7.625,19
6	REPARACION DE GUIAS AAPP	50	$ 10,05	$ 502,50	$ 527,63
7	TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	701,98	$ 0,23	$ 161,46	$ 169,53
8	RELLENO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO	46,8	$ 8,11	$ 379,55	$ 398,53
9	REPLANTILLO HORMIGON SIMPLE	217,84	$ 8,57	$ 1.866,89	$ 1.960,23
10	HORMIGON SIMPLE	51,17	$ 174,62	$ 8.935,31	$ 9.382,07
11	ACERO DE REFUERZO	6470,94	$ 2,49	$ 16.112,64	$ 16.918,27
12	SUMINISTRO E INSTALACION TAPA REDONDA DE PROLIPROPILENO	13	$ 195,00	$ 2.535,00	$ 2.661,75
13	INSTALACION DE CAJAS DOMICILIARIAS	149	$ 234,41	$ 34.926,64	$ 36.672,98

TRADICIONAL					
No.	**RUBROS**	**CANT.**	**CD UNIT.**	**CD TOT.**	**CD TOTAL ESCENARIO PESIMISTA**
14	INSTALACION INTRADOMICILIARIAS	149	$ 15,33	$ 2.284,17	$ 2.398,38
15	EXCAVACION DE TIRANTES	83,21	$ 2,95	$ 245,47	$ 257,74
16	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA TIRANTES	19,14	$ 16,90	$ 323,47	$ 339,64
17	SUMINISTRO DE TUBERIA 220MM	785,12	$ 15,97	$ 12.538,37	$ 13.165,28
18	INSTALACION DE TIRANTES (220MM)	80,66	$ 1,76	$ 141,96	$ 149,06
19	EXCAVACION DE COLECTORES	2211,41	$ 2,95	$ 6.523,66	$ 6.849,84
20	TABLAESTACA METALICO	100	$ 13,58	$ 1.358,00	$ 1.425,90
21	INSTALACION DE TUBERIAS COLECTORES (220MM)	704,46	$ 1,76	$ 1.239,85	$ 1.301,84
22	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA COLECTORES	453,04	$ 16,90	$ 7.656,38	$ 8.039,19
23	SUMINISTRO DE TUBERIA 175MM	2831,61	$ 9,18	$ 25.994,18	$ 27.293,89
24	EXCAVACION DE TERCIARIAS	2152,91	$ 2,95	$ 6.351,08	$ 6.668,64
25	INSTALACION DE TUBERIA TERCIARIAS	2831,61	$ 1,65	$ 4.672,16	$ 4.905,76
26	SUMINISTRO E INSTALACION DE CAMA DE ARENA (TERCIARIAS)	677,15	$ 16,90	$ 11.443,84	$ 12.016,03
27	RELLENO DE MATERIAL DE SITIO COMPACTADO	4700,58	$ 4,13	$ 19.413,40	$ 20.384,07
28	DESALOJO DE MATERIAL	1434,93	$ 1,99	$ 2.855,51	$ 2.998,29
29	PRUEBAS DE ESTANQUEDIDAD Y CONTINUIDAD	3616,73	$ 0,98	$ 3.544,40	$ 3.721,62

TRADICIONAL					
No.	**RUBROS**	**CANT.**	**CD UNIT.**	**CD TOT.**	**CD TOTAL ESCENARIO PESIMISTA**
30	INSTALACION DE BIODIGESTOR CAPACIDAD 51.03 M3	2	$ 29.791,32	$ 59.582,64	$ 62.561,77
31	SUMINISTRO E INSTALACION TUBO DE HIERRO	1	$ 26,39	$ 26,39	$ 27,71
32	CERRAMIENTO CON MALLA	76	$ 30,35	$ 2.306,60	$ 2.421,93
33	ABATIMIENTO CON BOMBA DE 4"	50	$ 7,56	$ 378,00	$ 396,90
34	LETRERO DE SEÑALIZACION	8	$ 59,33	$ 474,64	$ 498,37
35	CINTA DE PELIGRO	500	$ 0,70	$ 350,00	$ 367,50
36	IMPLEMENTOS DE PROTECCION PARA SEGURIDAD INDUSTRIAL (INCLUYE BOTAS, CHALECOS, GAFAS TAPONES AUDITIVOS, CASCOS)	12	$ 45,25	$ 543,00	$ 570,15
37	AGUA PARA CONTROL DEL POLVO	50	$ 2,69	$ 134,50	$ 141,23
38	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE IMPERMEABILIZACION PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO	51,17	$ 5,32	$ 272,22	$ 285,84
TOTALES COSTO DIRECTO TRADICIONAL				**$ 249.989,66**	**$ 262.489,15**

Elaboración propia

A continuación, se analiza los costos indirectos por gastos variables los cuales van a diferir por la reducción de tiempo de ejecución en la metodología BIM, entre los gastos variables se consideró imprevistos, riesgos por atraso de pago de planilla, sueldos de director y residente de obra y gastos de movilización y bodega.

Tabla 17.-

Tabla de costos indirectos gastos variables metodología tradicional escenario pesimista Vs. BIM

METODOLOGÍA TRADICIONAL ESCENARIO PESIMISTA					
COSTOS INDIRECTOS GASTOS VARIABLES	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO**	**TOTAL**	**% CD**
IMPREVISTOS					
RIESGOS POR PLANILLA	DIAS	99,64	$ 10,00	$ 996,40	0,38%
IMPREVISTOS (2%)	DIAS	99,64	$ 52,68	$ 5.249,04	2,00%
DIRECCION DE OBRA					
RESIDENTE DE OBRA	DIAS	99,64	$ 26,67	$ 2.657,40	1,01%
MOVILIDAD PERSONAL DE GESTION					
MOVILIDAD PROPIEDAD (DEPRECIACION, IMPUESTOS, SEGURO)	DIAS	99,64	$ 10,00	$ 996,40	0,38%
MOVILIDAD OPERACIÓN (COMBUSTIBLE DIESEL Y MANTENIMIENTO)	DIAS	99,64	$ 2,00	$ 199,28	0,08%
LOGISTICA OBRA					0,00%
BODEGA	DIAS	99,64	$ 6,67	$ 664,60	0,25%
BODEGUERO	DIAS	99,64	$ 20,00	$ 1.992,80	0,76%
TOTAL				**$12.755,91**	**4,86%**
METODOLOGÍ BIM					
COSTOS INDIRECTOS GASTOS VARIABLES	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO**	**TOTAL**	**%CD**
IMPREVISTOS					
RIESGOS POR PLANILLA	DIAS	80,53	$ 10,00	$ 805,30	0,31%
IMPREVISTOS (2%)	DIAS	80,53	$ 52,68	$ 4.242,32	1,62%
DIRECCION DE OBRA					
RESIDENTE DE OBRA	DIAS	80,53	$ 26,67	$ 2.147,74	0,82%
MOVILIDAD PERSONAL DE GESTION					

MOVILIDAD PROPIEDAD (DEPRECIACION, IMPUESTOS, SEGURO)	DIAS	80,53	$ 10,00	$ 805,30	0,31%
MOVILIDAD OPERACIÓN (COMBUSTIBLE DIESEL Y MANTENIMIENTO)	DIAS	80,53	$ 2,00	$ 161,06	0,06%
LOGISTICA OBRA					
BODEGA	DIAS	80,53	$ 6,67	$ 537,14	0,21%
BODEGUERO	DIAS	80,53	$ 20,00	$ 1.610,60	0,62%
TOTAL				**$10.309,45**	**3,94%**
DIFERENCIA					**$ -2.446,46**
PORCENTAJE					**-19,18%**

Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior los resultados de los totales de los gastos variables para cada metodología, en la metodología BIM hay una reducción del 19,18% de los gastos variables representando un ahorro en dólares de 2446,46.

A continuación, se muestra la tabla de resultados de costos totales de cada metodología, se asume para costos indirectos por gastos fijos (Administrativos) un valor del 1.5% de los costos directos. Con la reducción de los gastos variables y el escenario de la metodología tradicional se obtiene una disminución en los costos de producción de 1.11% en la metodología BIM, equivalentes a 3131,11 dólares.

Tabla 18.-

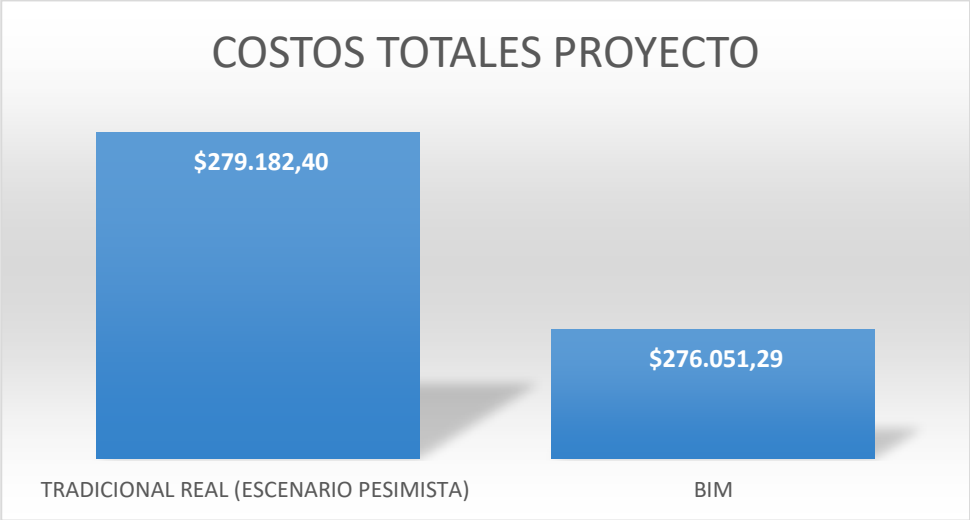
Tabla de costos totales metodología tradicional Vs. metodología BIM

COSTOS TOTALES	TRADICIONAL PLANIFICADO	TRADICIONAL REAL ESCENARIO PESIMISTA (EP)	BIM
COSTOS DIRECTOS(MANO DE OBRA, EQUIPO Y MATERIAL)	$ 249.989,66	$ 262.489,15	$261.814,62
COSTOS INDIRECTOS GASTOS FIJOS (1.5%)	$ 3.749,84	$ 3.937,34	$ 3.927,22
COSTOS INDIRECTOS GASTOS VARIABLES	$ 12.755,91	$ 12.755,91	$ 10.309,45
TOTAL	**$ 266.495,42**	**$ 279.182,40**	**$276.051,29**
DIFERENCIA TRADICIONAL EP VS BIM			**$ -3.131,11**
PORCENTAJE REDUCCION DE COSTOS PRODUCCION			**-1,12%**

Elaboración propia

Figura 28.-

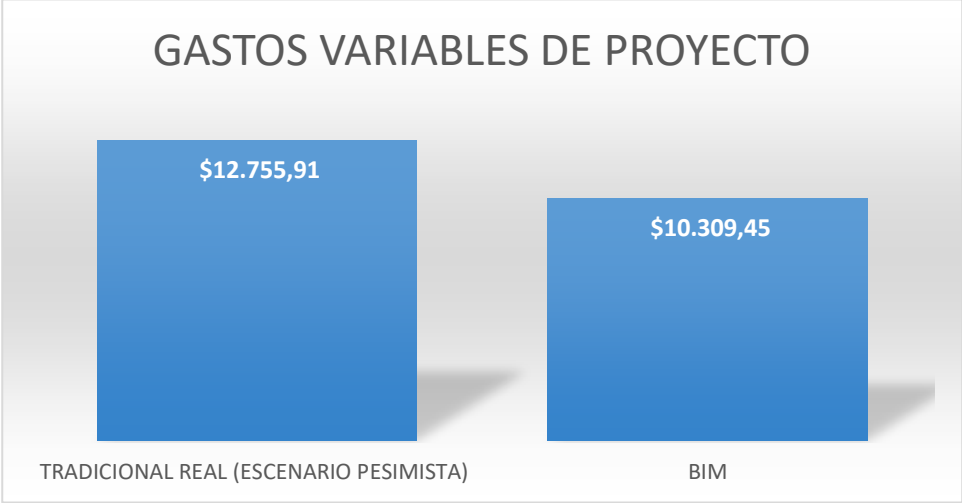
Costos totales del proyecto con metodología tradicional Vs. BIM



Elaboración propia

Figura 29.-

Costos totales del proyecto con metodología tradicional Vs. BIM



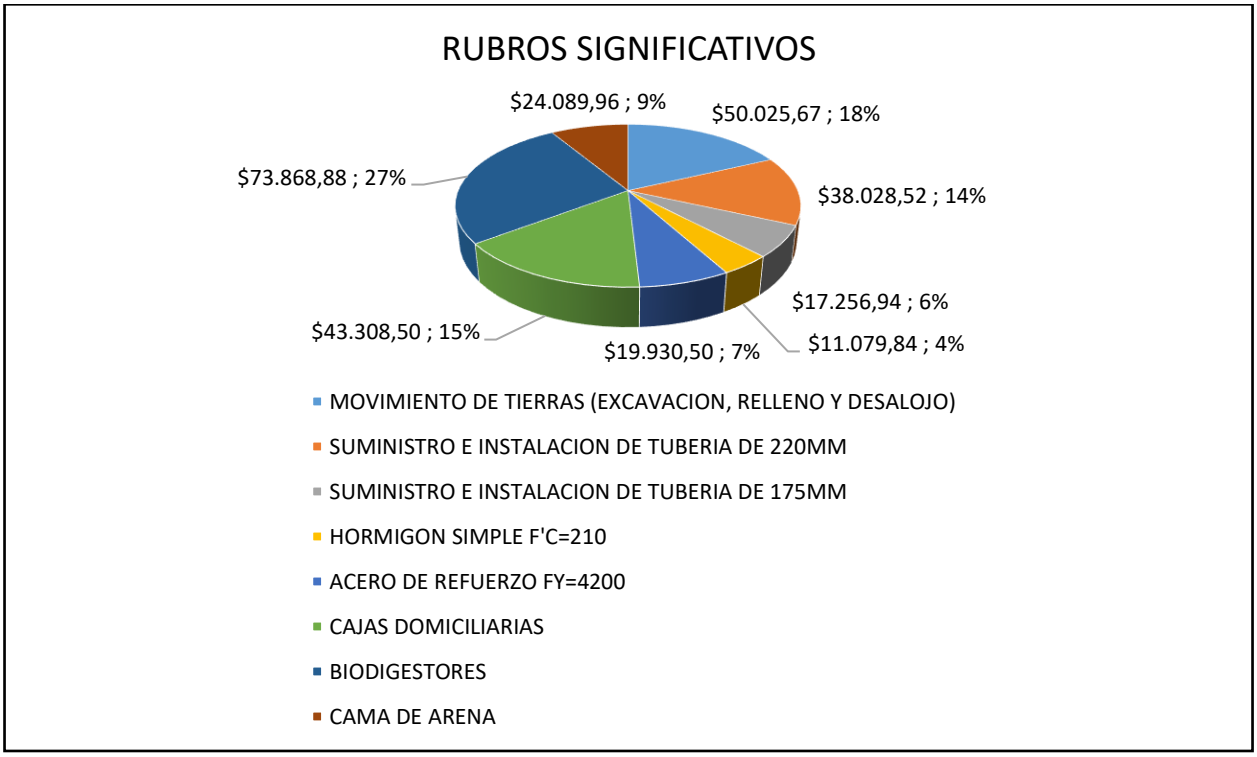
Elaboración propia

4.2.3 CANTIDADES DE OBRA

Se realizó un análisis comparativo de cantidades de obra entre lo contractual obtenido con la metodología tradicional y las cantidades obtenidas por medio de los softwares en la metodología BIM. El presupuesto contractual está conformado por 36 rubros con un presupuesto total de $309883,23. Dentro de los rubros que más peso tienen en el contrato, son movimiento de tierras, suministro e instalación de tuberías, cajas domiciliarias, hormigón de pozos de inspección y Biodigestores, estos representan el 89,58% del presupuesto.

Figura 30.-

Rubros significativos del proyecto de alcantarillado

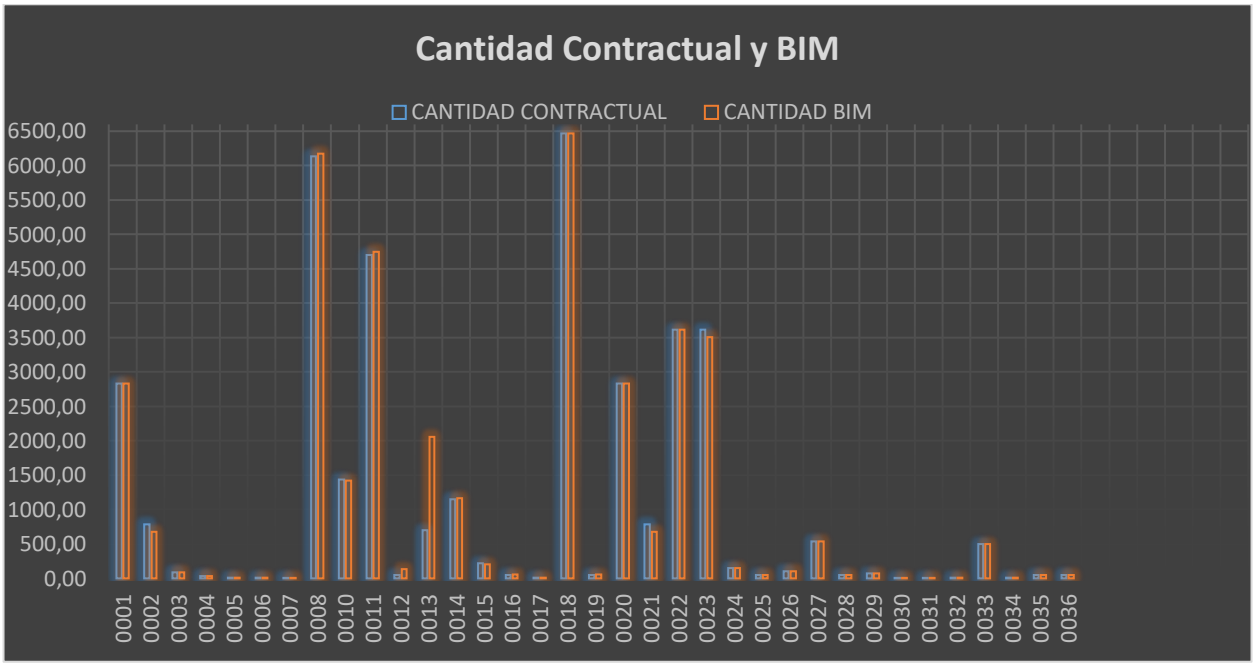


Elaboración propia

Luego de la extracción de tablas y cantidades del modelado en Revit, de los 36 rubros contractuales, 14 presentan diferencia en sus cantidades, esto equivale al 38,88% de los rubros del estudio. A continuación, se muestra la figura de Cantidades contractuales vs Cantidades BIM.

Figura 31.-

Cantidades contractuales y BIM



Elaboración propia

En la figura anterior se puede observar que, de los 8 rubros significativos mencionados anteriormente, 6 tienen diferencias en cantidades.

En los rubros de movimiento de tierra, como excavación, rellenos y desalojos, existe una variación de alrededor del 1% en las cantidades excepto en el rubro de material de mejoramiento en el cual aumenta considerablemente.

Figura 32.-

Tabla de diferencia de cantidades metodología tradicional Vs. BIM

RUBROS MOVIMIENTOS DE TIERRA	
RUBRO (M3)	EXCAVACION A MAQUINA H= 0 A 4.00 MT
CANT. TRADICIONAL	6135,51
CANT.BIM	6171,2
%DIFERENCIA CANT.	100,58%
VARIACION PRECIO DOLARES	130,47
RUBRO	DESALOJO DE MATERIAL SOBRANTE
CANT. TRADICIONAL	1434,93
CANT.BIM	1421,041
%DIFERENCIA CANT.	99,03%
VARIACION PRECIO DOLARES	-34,17
RUBRO	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEL SITIO (ARENOSO)
CANT. TRADICIONAL	4700,58
CANT.BIM	4750,159
%DIFERENCIA CANT.	101,05%
VARIACION PRECIO DOLARES	253,84
RUBRO	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO IMPORTADO
CANT. TRADICIONAL	46,8
CANT.BIM	137,4
%DIFERENCIA CANT.	293,59%
VARIACION PRECIO DOLARES	911,43
TOTAL VARIACION EN DOLARES	1261,57

Elaboración propia

En los rubros de suministro e instalación de tubería de diámetro exterior 175mm y 220mm se encontró una variación del 14% en los metros lineales de tuberías terciarias (D=175mm) la cual si es una variación considerable al no poder ser ejecutado por el contratista.

Figura 33.-

Tabla de diferencia de cantidades metodología tradicional Vs. BIM

RUBROS TUBERIAS	
RUBRO(ML)	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE PVC RIGIDO DE 175 mm (160mm INT.) PARA ALCANTARILLADO
CANT. TRADICIONAL	2831,61
CANT.BIM	2834,01
%DIFERENCIA CANT.	100,08%
VARIACION PRECIO DOLARES	27,31
RUBRO(ML)	SUMINISTRO DE TUBERÍA RIGIDO DE PVC DE 220 mm(200mm INT.) PARA ALCANTARILLADO)
CANT. TRADICIONAL	785,12
CANT.BIM	674,46
%DIFERENCIA CANT.	85,91%
VARIACION PRECIO DOLARES	-2191,07
RUBRO(ML)	INSTALACION DE TUBERIA PVC 175 mm PARA ALCANTARILLADO
CANT. TRADICIONAL	2831,61
CANT.BIM	2834,01
%DIFERENCIA CANT.	100,08%
VARIACION PRECIO DOLARES	4,92
RUBRO(ML)	INSTALACION DE TUBERIA PVC 220 mm PARA ALCANTARILLADO
CANT. TRADICIONAL	785,12
CANT.BIM	674,46
%DIFERENCIA CANT.	85,91%
VARIACION PRECIO DOLARES	-241,24
TOTAL VARIACION EN DOLARES	-2400,08

Elaboración propia

En los rubros de hormigón simple y acero correspondientes a los pozos de inspección no existen variaciones significativas, rondan alrededor del 1%. En el rubro del volumen de cama de arena si aparece un porcentaje de aumento de cantidades del 5%.

Figura 34.-

Tabla de diferencia de cantidades metodología tradicional Vs. BIM

RUBROS POZOS DE INSPECCION Y CAMA DE ARENA	
RUBRO(M3)	CAMA DE ARENA PARA PROTECCION DE TUBERIA
CANT. TRADICIONAL	1149,33
CANT.BIM	1165,38
%DIFERENCIA CANT.	101,40%
VARIACION PRECIO DOLARES	336,4
RUBRO(M3)	HORMIGON SIMPLE f'c= 210kg/cmÂ² INCLUYE ENCOFRADO (POZOS)
CANT. TRADICIONAL	51,17
CANT.BIM	53,80
%DIFERENCIA CANT.	105,14%
VARIACION PRECIO DOLARES	569,26
RUBRO(KG)	ACERO DE REFUERZO CORRUGADO f´y=4200 kg/cm2 (POZOS)
CANT. TRADICIONAL	6470,94
CANT.BIM	6470,94
%DIFERENCIA CANT.	100,00%
VARIACION PRECIO DOLARES	0
TOTAL VARIACION EN DOLARES	905,66

Elaboración propia

Los demás rubros no analizados presentan las mismas cantidades tradicional y BIM o no son rubros que puedan pesar en el presupuesto de la obra.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación BIM en la etapa de planificación del Proyecto de alcantarillado en el sector de Ballenita, incide directamente en la ruta crítica del proyecto reduciendo así el tiempo de ejecución en un 19.18% equivalente a 19.18 días menos de trabajo que con la metodología tradicional, impactando beneficiosamente tanto al usuario final en su calidad de vida y en el costo oportunidad del contratista, ya que al ver el retorno de su inversión más su utilidad en menor tiempo puede utilizar ese dinero en nuevos proyectos.

La reducción del tiempo de ejecución del 19.18% implementando la metodología BIM permite un ahorro en los gastos variables del proyecto de 2446,46 dólares en contraste con la metodología tradicional representando una disminución del 20% de los mismos.

En el presente caso de estudio, asumiendo un escenario real (aumento de los costos de producción en un 5%), la implementación BIM en el proyecto de alcantarillado permite una reducción de 1.11% de los costos de producción versus la metodología tradicional equivalente a un ahorro de 3131 dólares.

La eficiencia en la obtención de cantidades reales del proyecto implementando la metodología BIM puede dar una ventaja para el contratista en la presentación de ofertas económicas en un proceso de contratación pública.

La optimización de las cantidades de obra mediante la implementación BIM en un proyecto de obra pública puede evitar atrasos a la entrega de la obra por procesos de aprobación de órdenes de trabajo, diferencia de cantidades o aumentos de rubros nuevos en un contrato de obra pública.

La implementación de la metodología BIM se enfrenta al desafío de la tradición arraigada en el sector de la edificación y construcción, lo que representa su principal obstáculo. Esta actividad se basa en el conocimiento transmitido de generación en generación, y los métodos de trabajo se han mantenido igual durante décadas. Aunque los medios informáticos han permitido la digitalización de los métodos de trabajo, las herramientas utilizadas siguen siendo las mismas que hace años. Por lo tanto, se requiere un cambio de mentalidad similar al que se produjo en la década de los noventa con la adopción de herramientas informáticas como Autocad, Excel y Word. Ahora, es necesario dar el paso hacia el dibujo paramétrico que representa BIM, como se hizo en su momento con el dibujo digital.

La implementación de la metodología BIM en la etapa de planificación puede generar insumos como simulaciones constructivas 5D en tiempo real para el control de obra disminuyendo actividades no productivas como informes de obra.

La Implementación BIM y sus insumos tales como modelos paramétricos 3D y planos más detallados ayudan a la optimización de tiempo que conlleva a la creación de océanos azules en la industria de la construcción como por ejemplo que exista competitividad en la provisión de elementos prefabricados diversificando empresas que presten este servicio y no sea monopolizado.

BIBLIOGRAFÍA

Climent, A. (06 de julio de 2014). *Aplicación de EVM a ruta crítica. Estudio de caso.* https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/48345/Trabajo%20Final%20Grado.pdf

Deza, E. (2020). Modelamiento BIM y control de obra aplicando el método de valor ganado en la construcción del edificio residencial RITZ 2019. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. http://hdl.handle.net/20.500.12773/11486

Duarte, N., & Pinilla, J. (29 de Abril de 2014). *Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia.* https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12691/DuarteHinojosaNaisir2

González, C. (2015). *Buildiong Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos.* https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56357/TFM%202015%20CARLOS%20GONZALEZ.pdf?sequence=1

Goyzueta, G., & Puma, H. (2016). Implementación de la metodología BIM y el sistema Last Planner 4D para la mejora de gestión de la obra "Residencial Montesol-Dolores"-Tomo I. Arequipa, Perú.

Liston, K., Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P., & Sacks, R. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.* Wiley. https://doi.org/10987654321

López, H., & Morán, C. (2010). *Programación PERT-CPM y Control de Proyectos.* CAPECO.

Muñoz, G. (08 de Diciembre de 2020). Interoperabilidad en el entorno BIM: Mejoramiento de los procesos de diseño y comunicación a partir de la implementación del concepto OpenBIM. Medellín, Colombia.

PMBOK. (2021). *A guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK GUIDE.* Norma Nacional Americana. https://doi.org/99-001-2021

Terrazas, R. (28 de Diciembre de 2011). *Planificación y programación de operaciones.* https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941257002.pdf

Vandezande, J., Krygiel, E., & Read, P. (2011). *Mastering Autodesk Revit Architecture 2012.* (J. Vandezande, & P. Read, Edits.) Wiley.

Cabezas Escurra, L., Cortés Montúfar, G., Ramirez Mendoza, M., & Sanara Cruz Alcántara, A. (2019). *Uso de la metodología BIM para la mejora del Proyecto de Habilitación Urbana, SanAntonio de Pachacamac, Etapa 7 – Manchay*. http://hdl.handle.net/10757/628153

Climent Alós, A. (2014). *Aplicación de EVM a ruta crítica. Estudio de caso.*

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

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. www.EngineeringBooksPdf.com

Espinoza Rosado, J., & Pacheco Echeverría, R. (2014). *MEJORAMIENTO DE LA CONSTRUCTABILIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS BIM*.

Eyzaguirre Vela, R. (2015). *POTENCIANDO LA CAPACIDAD DE ANÁLISIS Y COMUNICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN, MEDIANTE HERRAMIENTAS VIRTUALES BIM 4D DURANTE LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN*.

Fuentes Casa, P., Leiva Castillo, M., & Pinedo Valdez, W. (2021). *Modelo de gestión integrado de la Metodología BIM con lagestión de interesados, comunicaciones y recursos de laguía del PMBOK® en la elaboración de expedientes técnicospara proyectos de inversión pública para edificaciones*.

Gonzáles Pérez, C. (2015). *TFM_2015_CARLOS_GONZALEZ*.

Goyzueta Balarezo, G., & Puma Lupo, H. (2016). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM Y EL SISTEMA LAST PLANNER 4D PARA LA MEJORA DE GESTION DELA OBRA"RESIDENCIAL MONTESOL-DOLORES"-TOMO I.*

Jiménez Trejo, J. (2005). *NOVEDOSO PROCEDIMIENTO DE RUTA CRÍTICA ENFOCADO A LA CONSTRUCCIÓN*.

Marin, N. (2020). Metodología Lean Construction en la mejora de la producción, caso de estudio: red de alcantarillado Av. Cieza De León – La Purísima. *Revista Científica Pakamuros*, *8*(3), 13–24. https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i3.135

Muñoz García, G. (2020). *Interoperabilidad en el entorno BIM*.

Saldias Silva, R. (2010). *ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS DE REALIZAR UNA COORDINACIÓN DIGITAL DE PROYECTOS CON TECNOLOGÍAS BIM*.

Sierra Aponte, L. (2016). *GESTIÓN DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON METODOLOGÍA BIM "BUILDING INFORMATION MODELING" "*.

Torres Vargas, F. (2021). *PLANIFICACIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO EN UN PROYECTO DE RENOVACIÓN DE REDES LOCALES DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL, UBICADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁD.C., POR MEDIO DE METODOLOGÍAS AGILES*.

Trejo Carvajal, N. (2018). *ESTUDIO DE IMPACTO DEL USO DE LA METODOLOGÍA BIM EN LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN*.

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

Vandezande, J., Krygiel, E., & Read, P. (2011). *Mastering Autodesk Revit Architecture 2012* (J. Vandezande & P. Read, Eds.). Wiley.