

PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA PARA EL DISEÑO,
CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS OBRAS Y PROYECTOS A CARGO DE LA
EMPRESA PROYECTOS IT. INGENIERIA S.A.S

JONATHAN ALEJANDRO BARROSO GELVES

Director:

DEAN ANDERSSON MONTAÑEZ TORRES

Msc. En Ingeniería Estructural

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS CIVIL, AMBIENTAL Y QUÍMICA

PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

2022

PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA PARA EL DISEÑO,
CONTROL Y SUPERVISIÓN DE LAS OBRAS Y PROYECTOS A CARGO DE LA
EMPRESA PROYECTOS IT. INGENIERIA S.A.S

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil

JONATHAN ALEJANDRO BARROSO GELVES

Director:

DEAN ANDERSSON MONTAÑEZ TORRES

Msc. En Ingeniería Estructural

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS CIVIL, AMBIENTAL Y QUÍMICA

PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pamplona, 18 de diciembre de 2022

Dedicatoria.

A mis padres.

A mi madre Martha Eugenia y mi padre José Antonio, quienes con amor estuvieron presentes durante todo mi proceso de aprendizaje, quienes fueron mis guías morales y me enseñaron e impulsaron en momentos de dificultad.

A mi hermana.

A mi hermana Jennifer Alexandra, quien ha sido y será mi motivación para ser un profesional integro, capacitado y con ambiciones de mejorar.

Agradecimientos.

Al ingeniero Wilmer Cáceres, quien ha sido un buen amigo y compañero de trabajo, con el cual he logrado muchas de mis metas profesionales.

A la Universidad de Pamplona por brindarme a través de sus docentes el conocimiento y las bases necesarias para convertirme en un profesional que permita desempeñar una excelente labor.

Al ingeniero Dean Anderson Montañez Torres, por la guía y asesoría brindada durante mi proceso como estudiante, procurando que siempre diera lo mejor de mí, enseñándome lo fundamental de un profesional, la ética y el respeto.

A mi equipo de trabajo, quienes me han brindado un excelente ambiente laboral, me han permitido crecer profesionalmente y me han llevado a adquirir conocimientos útiles en mi presente y futuro.

Resumen.

En este documento se presentan los procesos implementados durante el desarrollo de la del proyecto de grado bajo la modalidad de práctica empresarial para la obtención del título en ingeniería civil orientada como auxiliar en ingeniería civil para la empresa PROYECTOS I.T. INGENIERÍA, para lo cual se tomó un desarrollo de cuatro (4) meses en lo que se desarrollaron tres proyectos que incluyen la “consultoría para una placa huella que conecta las veredas de Tamara y Santa Bárbara en el Municipio de Toledo Norte de Santander” y los “diseños de una escuela palafítica ubicada en la vereda la bartola del Municipio de Buenaventura”; para los cuales se detallan cada uno los aportes y labores realizadas, principalmente enfocados a la implementación de las metodologías BIM por medio de herramientas tecnológicas usadas en la actualidad, algunas de estas corresponden a softwares de licenciados tales como: ETABS, SAP 2000, AUTOCAD, AUTOCAD CIVIL 3D, REVIT, IDEA STATICA, PROJECT, entre otros y para los cuales se detallaron sus respectivas versiones de uso en su correspondiente apartado; adicionalmente se realizaron labores de apoyo en las etapas de diseño, modelamiento y ejecución, para lo cual se hizo uso de los conocimientos adquiridos el proceso formativo recibido en la institución.

Durante el desarrollo de este proyecto se logró identificar que para una adecuada aplicación de la metodología basada en el BIM, se debe tener una exhaustiva organización de la información antes de proceder con el modelamiento tridimensional, ya que esto beneficia y agiliza cualquier proceso además de evitar sobrecostos de la obra, asimismo se pudo notar que se requieren bases en todas las áreas de la ingeniería bien sea geotecnia, estructuras o procesos constructivos con el fin de brindar un criterio acertado en el momento de desarrollar el proyecto.

Palabras claves. Metodologías BIM, modelamiento, ejecución

Abstract.

This document presents the processes implemented during the development of the degree project under the modality of business practice for obtaining the degree in civil engineering oriented as an assistant in civil engineering for the company PROYECTOS I.T. INGENIERÍA, for which it took a development of four (4) months in which three projects were developed, including the "consultancy for a footprint plate that connects Tamara and Santa Barbara in which three projects were developed. ENGINEERING, for which it took a development of four (4) months in which three projects were developed including the "consultancy for a footprint plate that connects the villages of Tamara and Santa Barbara in the municipality of Toledo Norte de Santander" and the "designs of a palafitic school located in the village of la bartola in the municipality of Buenaventura"; for which each of the contributions and work performed are detailed, mainly focused on the implementation of BIM methodologies through technological tools currently used, some of these correspond to licensed software such as: ETABS, SAP 2000, AUTOCAD, AUTOCAD CIVIL 3D, REVIT, IDEA STATICA, PROJECT, among others and for which their respective versions of use were detailed in their corresponding section; additionally support work was performed in the stages of design, modeling and execution, for which use was made of the knowledge acquired the training process received in the institution.

During the development of this project it was possible to identify that for an adequate application of the methodology based on BIM, it is necessary to have an exhaustive organization of the information before proceeding with the three-dimensional modeling, since this benefits and speeds up any process in addition to avoiding cost overruns of the work, it was also noted that bases are required in all areas of engineering, whether geotechnical, structures or construction processes in order to provide an accurate criterion at the time of developing the project.

Keywords. BIM methodologies, modeling, execution

GLOSARIO.

- **BIM** (Building information modeling): es una metodología de trabajo colaborativa utilizada para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Tiene como fin centralizar información en general del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. (Building Smart, s.f.)
- **Palafito:** Edificaciones apoyadas sobre pilares sobresalientes, se construyen sobre cuerpos de aguas tranquilas como lagos, lagunas y caños, aunque también son construidas en tierra firme o a orillas del mar.
- **Fotogrametría:** es una técnica que tiene como objetivo el estudio y la definición de forma precisa de la forma, las dimensiones y/o la posición en el espacio de un objeto, a través de los datos obtenidos de una o varias fotografías. (Andes Wireless, s.f.)
- **Presupuesto de obra:** Es una representación escrita de cuánto costará un trabajo o proyecto, da el desglose más necesario del concepto y la suma de todos ellos es el costo total de la obra.
- **Cronograma de obra:** es una herramienta que establece la duración de un proyecto, la fecha de inicio y final de cada tarea; es decir, una manera sencilla de organizar el trabajo. (Escuela Postgrado de Ingeniería y Arquitectura, s.f.)
- **Gestión de la información:** hace referencia a tareas y procedimientos aplicados a las actividades de añadir, procesar y generar para garantizar la exactitud e integridad de la información.
- **Modelo paramétrico:** son componentes geométricos en los cuales se archiva información la cual permite vincularse y extraerse.
- **Ensamblaje:** es un elemento con el cual podremos modelar las secciones típicas de nuestro diseño y en conjunto con otras características que permite generar modelos tridimensionales.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1 EL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.	2
2 DELIMITACIÓN.	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos.	3
2.3 Alcance.	3
3 MARCO CONCEPTUAL.	4
3.1 Metodologías BIM:.....	4
3.1.1 Diferencias respecto a métodos previos:.....	5
3.2 Marco teórico.	7
3.2.1 Ciclo de un proyecto:	7
3.2.2 BIM:.....	7
3.2.3 Modelo paramétrico:.....	9
3.3 Marco legal.	12
4 METODOLOGÍA.	16
4.1 Revisión de los proyectos previos.....	16
4.2 Análisis de los procesos utilizados.	16
4.3 Organización de la información.....	18
4.3.1 Estructuras estandarizadas para datos.....	18
4.3.2 Estudios previos.	22
4.3.3 Diseños preliminares.....	23
4.4 Creación de modelos paramétricos.	23
4.5 Apoyo en planos y presentaciones.....	24
4.6 Apoyo en informes.....	24

4.7	Extracción de datos, control de cantidades y apoyo de cronogramas.....	25
4.8	Seguimiento de rendimientos.....	25
4.9	Verificación de los proyectos.....	25
5	RESULTADOS.....	26
5.1	Proyecto 1: “Consultoría para la elaboración de estudios y diseños sobre la vía terciaria que de la vereda Támara conduce a la vereda Santa Bárbara”.	26
5.1.1	Generalidades del proyecto.....	26
5.1.2	Localización.....	27
5.1.3	Diagnóstico del estado inicial.	31
5.1.4	Alcance del proyecto:	32
5.1.5	Analizar el estado actual de los procesos usados para el desarrollo de los proyectos. 32	
5.1.6	Realizar los modelos paramétricos para cada obra.	35
5.1.7	Apoyo en planos y presentaciones.	57
5.1.8	Brindar apoyo en las etapas de diseño, supervisión y administración, de las actividades necesarias para la correcta ejecución de las obras.	60
5.1.9	Calcular cantidades de obra a utilizar de acuerdo a la programación y modelado realizado de cada una de las Obras.	61
5.1.10	Verificar el estado y comportamiento de los cronogramas generales realizados extraídos de los métodos BIM con los obtenidos en las obras realizadas en el transcurso de la práctica empresarial.	64
5.1.11	Análisis.....	68
5.2	Proyecto 2: “Diseños estructurales para IE SANTA CECILIA SEDE LA BARTOLA”. 70	
5.2.1	Generalidades del proyecto.....	70
5.2.2	Alcance del proyecto.....	70
5.2.3	Realizar los modelos paramétricos.	70
5.2.4	Brindar apoyo en las etapas de diseño, supervisión y administración, de las actividades necesarias para la correcta ejecución de las obras.	84

5.2.5	Calcular cantidades de obra a utilizar de acuerdo a la programación y modelado realizado de cada una de las Obras.	88
5.2.6	Análisis.	89
5.3	Otras actividades.	91
5.3.1	Fotogrametrías.	91
5.3.2	Visitas en campo.	93
6	CONCLUSIONES.	95
7	RECOMENDACIONES.	97
8	REFERENCIAS.	98
9	ANEXOS.	101

Tabla 1. indicadores de disciplina. Fuente (Elaboración propia).....	20
Tabla 2. Indicador de tipo de archivo. Fuente (Elaboración propia).	21
Tabla 3. Resultados de clasificación de suelos. fuente (geotécnicas del norte).....	41
Tabla 4. Clasificación de suelos Método U.S.C.S. fuente (geotécnicas del norte).....	41
Tabla 5. Resultados de CBR fuente (propia)	42
Tabla 6. Estaciones meteorológicas. fuente (propia)	44
Tabla 7. Parámetros finales del diseño geométrico.	46
Tabla 8. Datos geométricos tramo 2 fuente (propia).	47
Tabla 9. Datos geométricos tramo 3 fuente (propia).	47
Tabla 10. Datos geométricos tramo 4 fuente (propia).	47
Tabla 11. Ubicación de las alcantarillas.	48
Tabla 12. Datos de diseño para Box coulvert fuente (propia).	52
Tabla 13. Cronograma de obra propuesto.....	60
Tabla 14. Volúmenes de obra tramo 2 fuente (propia).	61
Tabla 15. Volúmenes de obra tramo 3 fuente (propia).	61
Tabla 16. Volúmenes de obra tramo 4 fuente (propia).	62
Tabla 17. Ejemplo de cantidades obras hidráulicas fuente (propia).	62
Tabla 18. Presupuesto inicial de obra realizado por la metodología. fuente (propia).	63
Tabla 19. Programación de obra fuente (UNION TEMPORAL SANTA BARBARA).	64
Tabla 20. Comparativa de presupuestos inicial y actualizado fuente (UNION TEMPORAL SANTA BARBARA).....	65
Tabla 21. Parámetros Geotécnicos. (Fuente propia).....	72
Tabla 22. Cargas muertas de diseño fuente (propia).....	74
Tabla 23. Cargas vivas de diseño fuente (propia).	75
Tabla 24. Cargas de viento fuente (propia).....	75

Tabla 25. Parámetros sísmicos.....	75
Tabla 26. Verificación de irregularidades en planta. fuente(propia).	77
Tabla 27. capacidad de disipación de energía modulo 1 fuente(propia).....	77
Tabla 28. capacidad de disipación de energía modulo 2 fuente(propia).....	77
Tabla 29. capacidad de disipación de energía modulo 3 fuente(propia).....	77

Ilustración 1. Diseño de hotel El Sarare. Fuente (Elaboración propia)	17
Ilustración 2. Diseño de vivienda de tres niveles. Fuente (elaboración propia)	17
Ilustración 3. Esquematización de carpetas. Fuente (Elaboración propia)	20
Ilustración 4. Esquema de nombre de archivos. fuente (Weiss Salas, 2005).....	20
Ilustración 5. Metodología estándar de procesos BIM. (Fuente propia).....	21
Ilustración 6. Ubicación de los ramales Tamara y Santa Bárbara fuente (propia).....	28
Ilustración 7. Ubicación del tramo 1 (propia).....	28
Ilustración 8. Ubicación del tramo 2 (propia).....	29
Ilustración 9. Ubicación del tramo 3, (propia).....	30
Ilustración 10. Ubicación del tramo 4. Fuente (propia).	30
Ilustración 11. Estado inicial tramo 1.	31
Ilustración 12. Estado inicial tramo 2.	31
Ilustración 13. Estado inicial tramo 3.	31
Ilustración 14. Estado inicial tramo 4.	31
Ilustración 15. Soporte de solicitud de documentación previa. Fuente: (propia).	33
Ilustración 16. Reunión del equipo de trabajo.	35
Ilustración 17. Carpeta de acceso a la nube. Fuente (Elaboración propia).	36
Ilustración 18. Esquema de organización de carpetas. Fuente (elaboración propia).	37
Ilustración 19. Proceso metodológico para el diseño de la propuesta de placa huella. fuente (propia).....	38
Ilustración 20. Realización de estudios topográficos.....	39
Ilustración 21. Procesamiento de datos con el programa Stonex data manager. fuente (propia).	39
Ilustración 22. ensayos de SPT en campo fuente (propia).....	40

Ilustración 23. relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores del CBR y K. fuente (AASHTO, 1993).....	42
Ilustración 24. Resumen del Aforo vehicular fuente (propia)	43
Ilustración 25. Distribución del tránsito como porcentaje.	43
Ilustración 26. Curvas IDF a partir del método Vargas & Diaz fuente (propia).	44
Ilustración 27. Mapa delimitación de la micro-cuenca para el Box Culvert fuente (propia)...	45
Ilustración 28. Diseño planteado fuente (Guia de Diseño de Pavimentos con Placa-huella INVIAS).....	47
Ilustración 29. Vistas en planta y perfil de diseño de alcantarilla fuente (propia).....	48
Ilustración 30. Diseño de Berma-cuneta fuente (propia).	49
Ilustración 31. Planta de distribución de refuerzos para placa huella fuente (propia).	50
Ilustración 32. Sección transversal típica de placa-huella.	51
Ilustración 33. Detalle de aceros de viga riostra fuente (propia).	51
Ilustración 34. Detalle de refuerzo Berma cuneta y bordillo (propia).	51
Ilustración 35. Vistas de planta, lateral y frontal del box coulvert fuente(propia).	52
Ilustración 36. Topografía tramo 2 realizada en AutoCAD Civil 3D fuente (propia)	53
Ilustración 37. Representación 3d de superficie topográfica tramo 2 fuente (propia).	54
Ilustración 38. Ensamblaje creado con Subassembly Composer fuente (propia).	55
Ilustración 39. modelo paramétrico de tramo 1 realizado con AutoCAD Civil 3D fuente (propia).....	55
Ilustración 40. Superficie generada a partir de los ensamblajes de la vía en placa huella fuente (propia).....	56
Ilustración 41. modelo tridimensional placa huella tramo 1 fuente(propia).	56
Ilustración 42. Perfil longitudinal tramo 2 fuente (propia).	57
Ilustración 43. Planos estructurales de box culver tramo 1fuente (propia).....	57

Ilustración 44. Detalle estructurales obras hidráulicas fuente (propia).....	58
Ilustración 45. Detalles estructurales de placa-huella fuente (propia).	58
Ilustración 46. Plano geométrico tramo 1 fuente (propia).	59
Ilustración 47. Plano de perfil longitudinal fuente (propia).....	59
Ilustración 48. Placa huella finalizada tramo 1. fuente (propia).	66
Ilustración 49. Placa huella finalizada tramo 1. fuente (propia).	66
Ilustración 50. Box culvert finalizado tramo 1. fuente (propia).	67
Ilustración 51. Proceso metodológico para el diseño de la propuesta IE LA BARTOLA. (Fuente propia).....	71
Ilustración 52. Modelo arquitectónico de la I.E. Sede la bartola. (Fuente propia).	72
Ilustración 53. Designación de módulos estructurales. fuente (propia).....	74
Ilustración 54. Espectro elástico de aceleraciones para sismo de diseño fuente(propia).....	76
Ilustración 55. Espectro elástico de aceleraciones para sismo de umbral de daños fuente(propia).....	76
Ilustración 56. Modelo SAP 2000 modulo 1 fuente(propia).....	78
Ilustración 57. Modelo SAP 2000 modulo 2 fuente(propia).....	78
Ilustración 58. Modelo SAP 2000 modulo 3 fuente(propia).....	79
Ilustración 59. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 1 SER-08 [mm] (fuente: propia).....	79
Ilustración 60. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 3 SER-10 modulo 1[mm] (fuente: propia).....	80
Ilustración 61. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 3 SER-10 modulo 1[mm] (fuente: propia).....	80
Ilustración 62. Vinculación de modelos arquitectónicos y estructurales. (fuente: propia).	81
Ilustración 63. Isometría de modelos vinculados. (fuente: propia).....	81

Ilustración 64. Evidencia de trabajo. (fuente: propia).....	82
Ilustración 65. Modelo estructural finalizado. (fuente: propia).	82
Ilustración 66. ejemplo de conexión realizada con IDEA STATICA. (fuente: propia).	83
Ilustración 67. Esfuerzos para la conexión. (fuente: propia).	83
Ilustración 68. Plano isométrico de la estructura y listado de planos. (fuente: propia).	84
Ilustración 69. Planos de planta y detalles de cimentación. (fuente: propia).....	85
Ilustración 70. plano estructural de primer nivel. (fuente: propia).	85
Ilustración 71. Planos de alzados, plantas de cubiertas y detalles de secciones. (fuente: propia).	86
Ilustración 72. Detalles de escaleras y conexiones metálicas. (fuente: propia).	86
Ilustración 73. Hoja de cálculo realizada con Mathcad. (fuente: propia).	87
Ilustración 74. Reporte de cálculo generado por IDEA STATICA. (fuente: propia).	87
Ilustración 75. Computo de cantidades de hormigón armado extraído de Revit. (fuente: propia).	88
Ilustración 76. Resumen de cantidades estructurales.....	88
Ilustración 77. Evidencia Personal de levantamiento con Dron. (fuente propia)	91
Ilustración 78. Procesamiento de datos realizado con Pix4d mapper. (fuente propia)	92
Ilustración 79. Resultado de fotogrametría. (fuente propia).	92
Ilustración 80. Ubicación de instituciones educativas visitadas. (fuente propia).	93
Ilustración 81. Evidencia personal de visitas a instituciones educativas. (fuente propia).	93

INTRODUCCIÓN.

Es muy importante que cada alumno practique todo lo aprendido durante el desarrollo de su carrera, y por ello, entre las posibilidades de aspirar al título de ingeniero civil, se encuentra la aplicación de las prácticas empresariales donde el alumno aprovecha la oportunidad para aplicar sus conocimientos y habilidades adquiridas a través del proceso de formación académica en la Universidad de Pamplona, dentro de las cuales se encuentra la capacidad de desarrollar actividades de investigación y trabajar en equipos multidisciplinarios.

En línea con lo anterior este informe tratara acerca del desarrollo de las practicas realizadas como auxiliar de ingeniería PROYECTOS I.T. INGENIERIA S.A.S, la cual es una empresa de consultoría, diseño y construcción, ubicada en el municipio de Toledo Norte de Santander, donde se implementaron metodologías BIM las cuales incorporan múltiples áreas de información pertenecientes a un proyecto, logrando una optimización del tiempo de trabajo y la administración de los recursos del proyecto, para esto se ejecutaron labores de investigación, seguimiento, supervisión y administración

1 EL PROBLEMA.

1.1 Planteamiento del problema.

La consultora y constructora PROYECTOS IT INGENIERIA S.A.S. en búsqueda de prestar a la comunidad y a sus clientes una excelente calidad de sus servicios y así también, de realizar un mejoramiento en la eficiencia de sus procesos, una reducción de costos, llevar un adecuado control y garantizar el correcto funcionamiento de las obras durante su vida útil, requiere de un practicante de Ingeniería Civil, con habilidades en análisis, diseño y planificación de diferentes tipos de obras civiles, tales como la infraestructura vial, análisis y diseño de estructuras en concreto reforzado y en acero, edificaciones, diseño, análisis, construcción y operación de Sistemas Hidráulicos, etc. El practicante debe tener un enfoque integral, con alta facultad de distinguir problemas y con la aptitud para identificar, comprender y presentar alternativas de solución a problemas de infraestructura de la sociedad, aprovechando conocimientos científicos y tecnológicos vanguardistas, buscando desarrollo sostenible en beneficio del hombre y la naturaleza, perfeccionando la eficiencia en la utilización de insumos y minimizando al máximo los costos de construcción y funcionamiento, sin perjudicar la calidad y la operatividad del sistema. (Ingeniería Civil Universidad de Pamplona, 2022)

1.2 Justificación.

Debido a la necesidad existente de garantizar la eficiencia en las diferentes etapas por las cuales atraviesa una obra civil y garantizar un mejor comportamiento de las obras realizadas, la práctica profesional tiene como objetivo brindar el apoyo necesario haciendo uso de los conocimientos en ingeniería civil adquiridos a lo largo de los años, además de implementar herramientas y metodologías como por ejemplo el método BIM que permitan llevar adecuadamente la información, utilizando para ello modelos digitales, que reduzcan el tiempo y los recursos invertidos.

2 DELIMITACIÓN.

2.1 Objetivo general.

Desempeñar prácticas empresariales como auxiliar de ingeniería por medio del desarrollo técnico y administrativo en la empresa de consultoría y construcción.

2.2 Objetivos específicos.

- Analizar el estado actual de los procesos usados para el desarrollo de los proyectos.
- Realizar los modelos paramétricos para cada obra.
- Brindar apoyo en las etapas de diseño, supervisión y administración, de las actividades necesarias para la correcta ejecución de las obras.
- Calcular cantidades de obra a utilizar de acuerdo a la programación y modelado realizado de cada una de las obras.
- Comparar el estado y comportamiento de los cronogramas generales extraídos de los métodos BIM con los obtenidos en las obras realizadas.

2.3 Alcance.

Desarrollar actividades como auxiliar de ingeniería para el diseño, control y supervisión de las obras y proyectos a cargo de la empresa PROYECTOS IT. INGENIERIA S.A.S, se desarrollaron múltiples proyectos que incluyen la “consultoría para una placa huella que conecta las veredas de Tamara y Santa Bárbara en el municipio de Toledo Norte de Santander”, y los “diseños de una escuela palafítica ubicada en la vereda la Bartola del municipio de Buenaventura”, para los cuales se realizó un análisis de procesos, el desarrollo de metodologías BIM limitadas a dimensiones de modelamiento y extracción de datos, omitiendo en mayor medida aquellas enfocadas al área ambiental de mantenimiento y tiempo, además el apoyo en etapas de diseño, supervisión y administración.

3 MARCO CONCEPTUAL.

3.1 Metodologías BIM:

Con la necesidad de cada vez realizar mejoras que reduzcan los tiempos en el diseño, gestión y construcción de las obras civiles, se desarrollaron a finales de los años 50 los primeros softwares de dibujo 2D asistido, los cuales simulaban una mesa de dibujo típica de cualquier estudio, de esta manera nació la primera conceptualización de las herramientas BIM, empezando en (Choclán Gamez et al. 4-10) 1975 con el concepto actual de Building Information Modeling el cual introducido por el profesor Chuck Eastman del departamento de arquitectura del Georgia Institute of Technology, el cual consideraba que existía una necesidad de diseñar edificaciones a partir de elementos de los cuales se pudiese extraer información, y realizar estimaciones de costo cantidades.

Para 1986 se realizó la primera publicación en la que apareció este término escrito por Robert Aish y en el cual se exponían las referentes a lo actualmente desarrollado con este proceso metodológico, y el cual presentaba el caso de estudio de una terminal en el aeropuerto Heathrow de Londres.

A partir de este punto los avances realizados en este campo han venido aumentando aunque con ciertas limitaciones debido principalmente a la economía tal como lo menciona (Olatunji et 2010, pag 687-696) ya que las firmas constructoras no optan por estas tecnologías debido a los altos costos, los cuales no podían sustentar en sus edades tempranas; a pesar de esto para el año 2000 se logró la modelación para un edificio de oficinas asociado a una programación de diagrama de Gantt incluyendo el método CPM para ruta crítica, y para el 2007 se logró ligar las cantidades de obra a la programación de las simulaciones, logrando de esta manera tener la mayoría de las herramientas actualmente implementadas.

Como opina (Smith and Tardif et 2009) de esta manera y con cada nuevo parámetro se adicionan nuevas “dimensiones” a los modelos de la obra estableciéndose 7 en total explicadas de la siguiente manera: la primera de estas establece la documentación inicial del proyecto, la 2D añade a los esquemas y planos esenciales para el entendimiento, pasando ahora a un modelo 3D que contiene propiedades geométricas tridimensionales, el modelo 4D incluye la programación de la obra y el manejo de los cronogramas incluyendo de ruta crítica, el modelo 5D comienza a agrupar todos los aspectos anteriormente mencionados es decir el espacio físico, el tiempo y los costos, los modelos 6D establecen en adición los ciclos, la gestión de las etapas y los impactos ambientales, y por último los modelos de 7D aplican elementos logísticos, de contratación y manejo de proveedores.

Ahora bien, en Colombia el auge de las herramientas y metodologías BIM han sido escasos, esto puede deberse en gran medida a dos situaciones que se presentan, por un lado, la falta de conocimientos y los costos resultan elevados, y por otro lado el tiempo que toma realizar cambios en la industria de la construcción debido al riesgo que conlleva; aun así existen proyectos que toman esta metodología para su desarrollo, generalmente en ellos se emplean herramientas de software tal como ArchiCAD o Revit, en los cuales es posible realizar modelos paramétricos que relacionan la información de la obra.

3.1.1 Diferencias respecto a métodos previos:

Si se realiza un retroceso histórico se puede observar que la forma de manejar y representar la información de una obra o construcción se realizaba haciendo uso de medios manuales gráficos, por los cuales se realizaban vistas bidimensionales como alzados, plantas o secciones, en algunos casos incluso se realizaba el uso de representaciones con perspectiva, durante siglos y desde la antigüedad este tipo de representación de información poco evolucionó más allá de la mejora de los utensilios de dibujo. Ahora bien, con el surgimiento de

los modelos paramétricos y metodologías BIM, la definición visual de dichas representaciones, así como la cantidad de información que se puede obtener de ellos resulta muchísimo mayor, ya que en un mismo modelo se pueden abarcar el dimensionamiento de instalaciones de cualquier tipo, ya sean fontanería, electricidad, climatización, saneamiento, etc. Por lo que al compararlo con el método tradicional de dibujo manual estas tecnologías suponen un avance sin precedente que permitirá realizar proyectos más precisos y eficientes.

3.2 Marco teórico.

3.2.1 Ciclo de un proyecto:

Este está constituido por las múltiples etapas de una obra, su función principal reside en poder determinar el alcance, y los múltiples subprocesos que se presentan, de manera general este ciclo se puede presentar esquemáticamente de la siguiente manera:

Concepción del proyecto > Análisis > Estudios > Diseño > Construcción > Administración y operación.

3.2.2 BIM:

Building Information Modeling es un concepto cuya definición no resulta única, aunque todas por lo general concuerdan en que es el entrelazamiento de la información que conforma una obra civil, por ejemplo, el conocido como el padre del BIM el profesor Eastman menciona que “... definimos BIM como una tecnología de modelación asociada a un grupo de procesos para producir, comunicar y analizar modelos de edificios.” (Liston et al., 2011)

Otra definición es ofrecida por El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción la cual menciona que “una representación digital de la características físicas y funcionales de una edificación que sirve como una fuente compartida de información que genera una base confiable para la toma de decisiones durante el ciclo de vida de la edificación desde el principio en adelante.” (Read et al., 2011).

De esta manera es posible establecer un concepto general propio en el cual las metodologías BIM se entienden como un modelo paramétrico en el cual la información correspondiente a documentación, espacialidad, tiempo, costo, diseño y logística se manejan de manera colaborativa.

Dimensiones BIM:

En cuanto a los procesos BIM como se ha mencionado anteriormente se han llegado a establecer una serie de dimensiones que expresan el grado de información organizada dentro de un modelo o proyecto, a continuación, se mencionan las dimensiones según se menciona en (Pavan et al., 2019, pág. 14-26):

- 1D: Documentación del proyecto.
- 2D: Esquemas y planos iniciales.
- 3D: Geometría tridimensional.
- 4D: Programación de recursos.
- 5D: Administración de tiempo y costos.
- 6D: Gestión por etapas, impactos ambientales.
- 7D: Logística, contratación y manejo de proveedores.

Ventajas y desventajas del BIM:

A continuación, se mencionan algunas ventajas establecidas para el BIM:

- La metodología BIM permite concebir en el tiempo la ejecución del proceso constructivo y calcular las cantidades y costos.
- Es posible realizar una previa visualización y avance del proyecto a partir de modelos 3D.
- Optimización de los procesos, reducción de costes y tiempo.
- Se puede mantener una mayor colaboración en el equipo de trabajo.
- Mejora el desarrollo de los procesos constructivos.
- Agilidad en la toma de decisiones, manejo de riesgos y administración de obras.
- Es posible realizar simulaciones en tiempo real de múltiples áreas como pueden ser redes hidráulicas, sistemas estructurales, asoleamiento entre muchas otras.

Sin embargo, también se pueden mencionar algunas desventajas de estas metodologías:

- Si no existe una organización y un liderazgo que sean adecuados durante todo el proceso esta metodología puede resultar contraproducente.
- Se requiere de una inversión inicial mucho mayor debido a las herramientas tecnológicas y al nivel de conocimiento.
- Se requiere de una formación más compleja.
- Falta de colaboración por parte de los miembros del equipo de trabajo puede desencadenar atrasos no previstos.

3.2.3 Modelo paramétrico:

Los modelos paramétricos (1721301088.472.1721301088) son las representaciones en un espacio digital tridimensional a la que se le establecen reglas, características y comportamientos, de tal manera que determinan de manera coordinada el modo en que los elementos del modelo se relacionan entre sí.

Ahora bien, para parametrizar un proyecto se debe incorporar datos necesarios para valorar los elementos, incorporando variables que pueden ser editables, logrando de esta manera piezas dinámicas y fácilmente editables, generalmente estos parámetros se clasifican en componentes llamados familias, estos parámetros se deben establecer dependiendo de las propiedades geométricas, espaciales y para un análisis más específico de costos y rendimientos.

Estos parámetros se pueden jerarquizar en varios niveles, los primeros de ellos son llamados de tipo o ejemplar, los cuales se diferencian en cómo afectan a los componentes, por ejemplo, los de tipo afectan a todos los componentes del mismo, mientras los de ejemplar actúan sobre un elemento específico, por encima de estos existen los parámetros globales que sirven para compartir información, ayudando a la planificación, clasificación y la filtración de los datos.

3.2.4. Tecnologías y software de uso común

- **Autocad** (versiones superiores 2018): es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk, apareciendo en 1982 con amplias capacidades y de fácil aprendizaje, permite la digitalización de planos para todas las áreas. (Autodesk, s.f.)
- **Autocad Civil 3D** (versiones superiores 2018): es un software de diseño que permite a los ingenieros realizar proyectos basados en modelos que permiten ser más eficaces y mejorar la calidad de los proyectos. (Autodesk, s.f.)
- **Subassembly composer** (versiones superiores 2018): es un complemento de AutoCAD civil 3D que proporciona una interfaz para componer y modificar subensamblajes complejos sin tener que realizar procesos de programación avanzados. (Autodesk, s.f.)
- **Revit v.2021:** permite el diseño inteligente de modelos BIM para ingeniería y arquitectura, facilitando de esta manera las labores de diseño y los procesos de trabajo, mediante la creación de familias paramétricas, que dan como resultado un modelado tridimensional capaz de ser editado sobre la marcha. (Autodesk, s.f.)
- **Pix4d Mapper v.2022:** es un software capaz de generar modelos espaciales útiles para el mapeo partir de una serie de fotos tomadas con herramientas como drones.
- **Etabs v.20:** es un Software de análisis estructural que permite el modelado y visualización de geometría en 3D, con una alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, con opciones de dimensionado avanzadas. (CSI Spain, s.f.)

- **Sap 2000 v.21:** es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. (CSI Spain, s.f.)
- **Idea statica v.21:** es un software especializado en el diseño de y modelado de conexiones metálicas, realizada mediante el análisis de elementos finitos. (IDEA STATICA, s.f.)
- **Stonex data manager:** permite la descarga y manejo de datos estacionales procedentes de los equipos topográficos de la empresa STONEX.
- **Project v.22:** es una herramienta ideal para la planificación y el control de cualquier tipo de proyecto, favoreciendo la eficiencia entre equipos de trabajo y reduciendo los tiempos de organizar tareas y labores.

3.3 Marco legal.

En relación a la temática abordada en esta práctica empresarial y centrándonos en las metodologías BIM, no existe ninguna normativa que regule su actividad, delimitando las atribuciones y responsabilidades. Sin embargo, existe en manos del gobierno nacional *la Estrategia nacional BIM*; una estrategia nacional proyectada para el periodo 2020-2026, en la que se establece la necesidad de desarrollar un sistema estandarizado que se espera lograr para el año 2026. Por otra parte, se aplicaron otras normativas y leyes que continuación se exponen:

POT – Plan de Ordenamiento Territorial.

El plan de ordenamiento territorial como lo define la ley 388 de 1997 es “conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo.” Esto se puede expresar como una guía de navegación para proyectos urbanísticos que cumplan el modelo de ciudad o centro poblado establecido a largo plazo.

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente – NSR-10.

La NSR-10 es reglamento colombiano encargado de regir las condiciones que deben existir en las edificaciones para presentar una buena respuesta estructural ante eventos sísmicos; esta fue divulgada por el decreto 926 del 19 de marzo de 2010, agregándose posteriormente varias modificaciones en los decretos 2525 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011, 340 del 13 de febrero de 2012 y 945 del 5 de junio de 2017.

Debido a que Colombia se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, esta normativa busca garantizar el bienestar, estabilidad y calidad de las construcciones de nuestro país, buscando salvaguardar la vida humana como fin primordial.

Normas INVIAS para estudios y especificaciones de pavimentos.

El Instituto Nacional de Vías establece las normativas que rigen los estudios técnicos de los proyectos de infraestructura vial que buscan garantizar la calidad, y bienestar la misma a largo plazo. Para lo que se establecen estándares, ensayos y métodos a seguir.

Resolución 000024 de 2011.

Por el cual se adopta el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). El cual provee guías para el planteamiento y diseño de dispositivos hidráulicos relacionados con la infraestructura vial a cargo del Instituto Nacional de Vías (INVIAS); en este manual se describen aspectos relacionados con hidrología, drenajes superficiales, y socavaciones, con los que se busca contribuir a las óptimas condiciones de circulación, así como el proteger las vías de los efectos negativos provocados por las aguas.

Resolución 000744 de 2009.

Por el cual se adopta el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), además de los documentos posteriores que las actualicen, modifiquen, desarrollen o sustituyan. Sintetizando los criterios para realizar los diseños de vías, para lo que se establecen parámetros que garantizan la consistencia de todos los elementos.

Resolución 4577 de 2009.

Por el cual se adopta el Manual de Señalización Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo ruta de Colombia del Ministerio de Transporte. El cual contiene los aspectos administrativos y técnicos a manera de consulta para los distintos actores al momento de utilizar vías públicas o privadas.

Resolución 1375 de 2014.

Por la cual se actualizan las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras publicados en la resolución 003290 de 2007 por el Ministerio de Transporte. Cuyo propósito es estandarizar los procedimientos de muestreo y ensayo para los proyectos de infraestructura vial.

Decreto 4401 de 2017.

Por el cual se adopta la guía de diseño de pavimentos con placa-huella realizado por el Instituto Nacional de Vías; en este manual se describen aspectos relacionados a materiales, tránsito, geometría, hidrología y estructura, de manera generalizada para proyectos relacionados con vías terciarias en placa-huella.

Proyectos Tipo (2016).

Presentado por parte del DNP - Departamento Nacional de Planeación plantean la formulación y estructuración de proyectos de inversión pública, estableciendo lineamientos técnicos y metodológicos que buscan garantizar la calidad, conteniendo soluciones estándar a problemas que requieren ser atendidos desde la inversión pública.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC, 1983, Código Colombiano de Estructuras de Hormigón Armado, Norma Icontec-2000.

Establecen los requerimientos ensayos y normativas que rigen los estudios técnicos de los proyectos de infraestructura realizados con concreto hidráulico, que buscan garantizar la calidad, y bienestar la misma a largo plazo. Para lo que se establecen estándares, ensayos y métodos a seguir.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC, 1984, Código Colombiano de Construcción Metálicas, Norma Icontec-2001.

Establecen los requerimientos ensayos y normativas que rigen los estudios técnicos de los proyectos de infraestructura en elementos metálicos, que buscan garantizar la calidad, y bienestar la misma a largo plazo. Para lo que se establecen estándares, ensayos y métodos a seguir.

4 METODOLOGÍA.

Con el fin de cumplir con los objetivos propios del proyecto y aquellos pertenecientes a la práctica empresarial, a continuación, se realiza una descripción de cada etapa preliminar para la ejecución de los proyectos que manejaba la empresa. Estos son ítems que representan un diagrama de flujo de actividades que se realizaron encada proyecto, de los cuales se hace mención en el capítulo de Resultados.

4.1 Revisión de los proyectos previos.

Inicialmente al comenzar las prácticas empresariales se solicitó documentación correspondiente a algunos proyectos anteriormente realizados por la empresa PROYECTOS I.T. INGENIERIA S.A.S. con el fin de observar las metodologías que se han desarrollado por parte de los equipos de trabajo.

4.2 Análisis de los procesos utilizados.

A partir de la información recolectada de proyectos previos, tales como los que se muestran a continuación, y de cómo estos se han realizado, se determinaron las falencias y errores que pudieron desencadenar retrasos e imprevistos traducidos en una menor eficiencia, para finalmente buscar mejoras en los procesos de este y otros proyectos; La mayoría de estas falencias se encuentran en una falta de estandarización y comunicación debido a la metodología inexistente.

4.3 Organización de la información.

En esta actividad se contempla la realización de múltiples subtarear que desencadenan la optimización de la información:

4.3.1 Estructuras estandarizadas para datos.

Como mencionan (Pavan, y otros, 2019) el aprovechar las nuevas tecnologías que surgen nos puede facilitar la administración y gestión de la información; sin embargo, previamente a esto es necesario establecer un sistema estandarizado y univoco de codificación, definición, recolección y almacenamiento de la información relacionada en conjunto.

Es por ello que en esta etapa se hace evidente el estructurar este sistema el cual surge de las falencias antes mencionadas y la disponibilidad de las herramientas actuales, para lograr esto fue fundamental designar un orden de la información, una sincronía de las herramientas y un mismo lenguaje y medio de comunicación.

Manejo de archivos.

Guiado por (Weiss Salas, 2005) se sistematiza una serie de asignación de carpetas, nombres y códigos estandarizados de tal manera que al momento de realizar la búsqueda de la información se facilite el encontrar la misma, a esto se debe sumar el uso de la herramienta Onedrive el cual permite la interconexión de manera remota entre los equipos de trabajo.

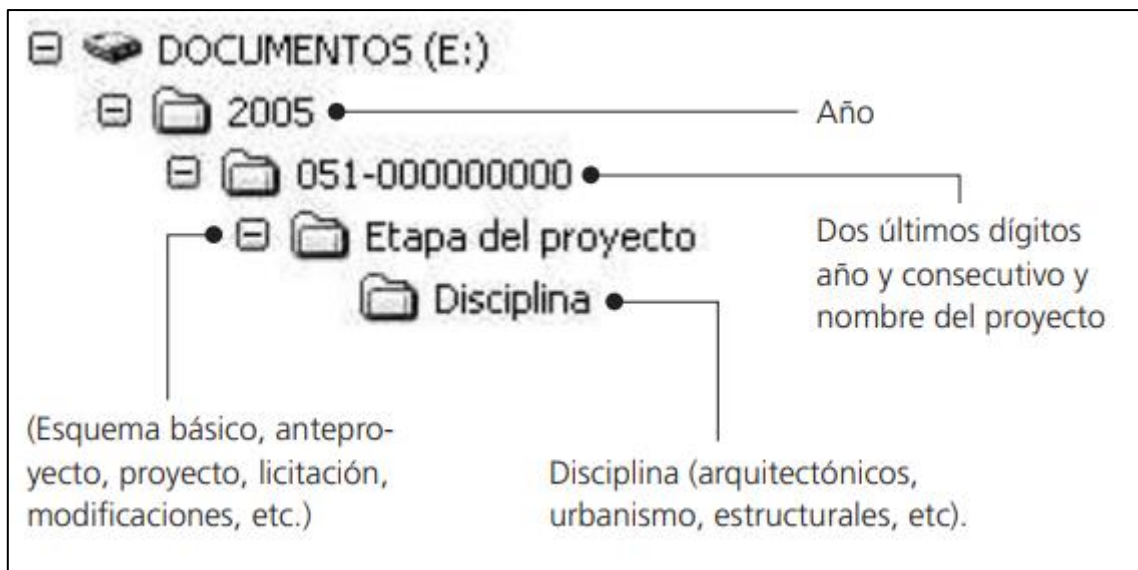


Ilustración 3. esquema de organización de archivos. Fuente (Weiss Salas, 2005).

Aterrizando el concepto de manejo de archivos al presente proyecto, se creó una carpeta llamada *Trabajos proyectos IT* inicialmente; dentro de la misma se creó la carpeta 2021; seguidamente, la carpeta referente al *proyecto Placa huella Tamara y Santa Barbara*; luego, la carpeta *Consultoría* y dentro de la misma, se establecieron las carpetas correspondientes a cada uno de los apartados del proyecto enumerados desde el *Volumen I* que contiene lo referente a las memorias descriptivas hasta el *volumen IX* que hace referencia al presupuesto, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

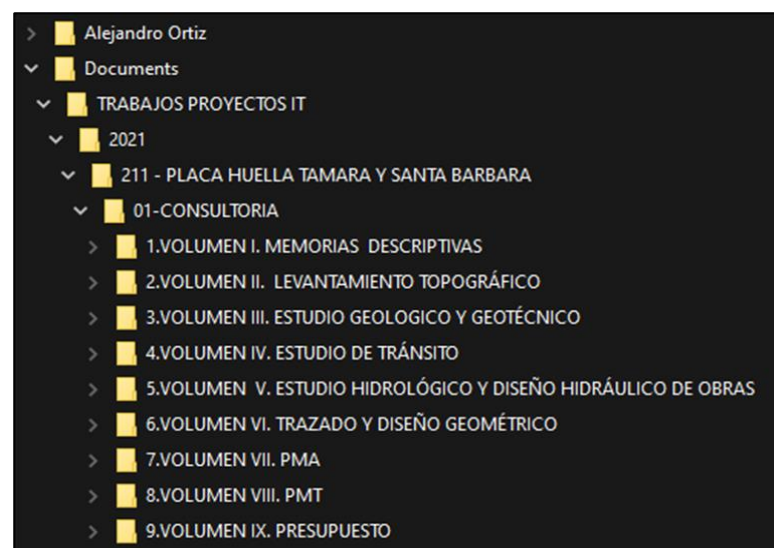


Ilustración 3. Listado de carpetas de cada uno de los apartados del proyecto. Fuente (Elaboración propia)

De igual forma, es necesario establecer una serie de códigos que permitan clasificar y conocer fácilmente la información contenida en cada uno de los documentos.

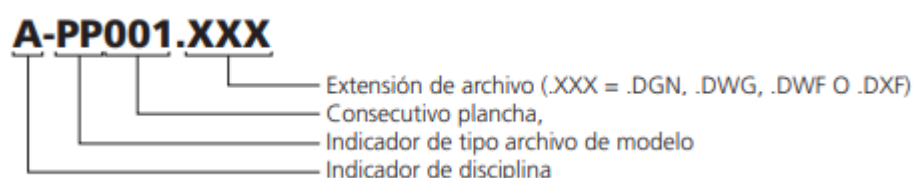


Ilustración 4. Esquema de nombre de archivos. fuente (Weiss Salas, 2005).

De esta manera, para el proyecto se establecieron los siguientes códigos entablados:

Indicador	Disciplina
G	Generales
C	Civiles
P	Paisajismo
U	Urbanismo
E	Estructurales
A	Arquitectónicos
I	Interiores
Q	Equipos
F	Protección al fuego
H	Instalaciones hidrosanitarias
M	Instalaciones mecánicas
L	Instalaciones eléctricas
T	Telecomunicaciones
R	Recursos
Y	Otras disciplinas
Z	Planos de taller y constructor

Tabla 1. indicadores de disciplina. Fuente (Elaboración propia)

Indicador	Disciplina
PG	Plano general
PP	Planos de plantas
INF	Informe
PX	Planos existentes
AL	Alzados
SC	Cortes
MEM	Memoria de calculo
DG	Diagrama.

Tabla 2. Indicador de tipo de archivo. Fuente (Elaboración propia).

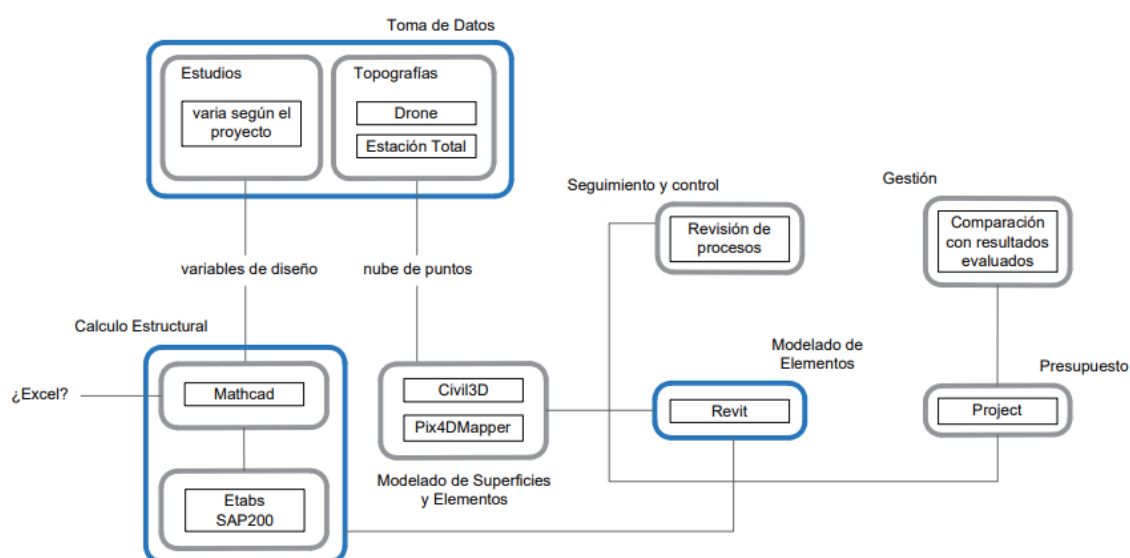


Ilustración 5. Metodología estándar de procesos BIM. Fuente. (Elaboración propia).

La *ilustración 3* establece las metodologías y relaciones aproximadas desarrollado para los proyectos descritos en este documento, sin embargo, este puede variar dependiendo el proyecto.

Software de uso.

Como se mencionó también es necesario establecer una serie de tecnologías y software de uso común entre aquellos quienes hacen participe del proyecto, esto tiene como finalidad el evitar problemas de compatibilidad, errores de los archivos y lograr un flujo de trabajo común

en el que de ser necesarios cambios se puedan ejecutar con facilidad, a continuación, se mostrara un listado de todos los programas utilizados para lograr el objetivo de una metodología BIM, (como nota se debe resaltar que las licencias implementadas para estos software se dividen entre algunas proporcionadas por la empresa y otras han sido licencias estudiantiles).

- Autocad (versiones superiores 2018)
- Autocad Civil 3D (versiones superiores 2018)
- Subassembly composer (versiones superiores 2018)
- Revit v.2021.
- Pix4d Mapper v.2022
- Etabs v.20
- Sap 2000 v.21
- Idea statica v.21
- Stonex data manager
- Project v.22

4.3.2 Estudios previos.

Una vez organizado el manejo y administración de datos se procedió a la recolección de información correspondiente a cada proyecto, tal y como se muestra en los resultados. En este punto, se ha de hacer la salvedad de que algunos datos como son los estudios geotécnicos debieron ser subcontratados con empresas especializadas, que poseen estos equipos, sin embargo, se realizó un acompañamiento y apoyo constante durante la ejecución de estos estudios.

4.3.3 Diseños preliminares.

Durante las etapas de diseño se brindó el apoyo como auxiliar de ingeniería en múltiples áreas, buscando implementar todos los conocimientos adquiridos durante la formación académica, además se buscó asegurar durante esta etapa la correcta comunicación entre los responsables mediante la continua revisión de seguir los estándares establecidos inicialmente.

4.4 Creación de modelos paramétricos.

La creación de los modelos tridimensionales (1721301088.472.1721301088), tal como se evidencia en los resultados, se realizó mediante la colaboración de diferentes plataformas y software según el tipo de proyecto realizado, de tal manera que se generase una interoperabilidad de estos.

Para el presente proyecto, en todo momento los modelos se realizaron bajo la supervisión de los responsables de cada área, mostrando continuamente los avances de manera que se pudieran denotar las correcciones y modificaciones realizadas en cada proyecto.

Los programas, flujos de trabajo y metodología seguida tuvo variación según cada tipo de proyecto, por ejemplo, para el proyecto de placa huella se implementaron principalmente el software *Autocad Civil 3D* como base para la modelación de los trayectos y se complementó con *Subassembly composer*, el cual permitió desarrollar ciertas actividades que facilitaron el cálculo de cantidades.

Por su parte, para los otros proyectos se implementaron en mayor medida *Revit* junto con programas de cálculo y diseño de conexiones, los cuales funcionaron en conjunto para brindar una mayor interacción y detalle.

4.5 Apoyo en planos y presentaciones.

Una vez obtenidos los modelos paramétricos (1721301088.472.1721301088), y ya confirmados los respectivos cálculos, tal como se evidencia en el acápite de resultados, se procedió a realizar los respectivos planos y representaciones solicitados, estos extraídos directamente de la geometría presentada en los modelos tridimensionales.

Seguidamente, se realizó la creación de algunas plantillas como herramientas para la mejora tanto la presentación como para reducir los tiempos de en estas etapas.

4.6 Apoyo en informes

Conforme se suministró la información de los proyectos referente a cálculos y similares, se realizó a su vez la creación de informes técnicos que agruparon los resultados y cálculos de cada proyecto. Dichos informes se organizaron en los anexos, debido a su gran extensión, de la siguiente manera:

- Volumen I. Memorias descriptivas
- Volumen II. Levantamiento topográfico
- Volumen III. Estudio geológico y geotécnico
- Volumen IV. Estudio de tránsito
- Volumen V. Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras
- Volumen VI. Trazado y diseño geométrico
- Volumen VII. PMA
- Volumen VIII. PTM
- Volumen IX. Presupuesto

Adicionalmente, se implementaron los conocimientos en el área y otro software como *mathcad*, para contribuir a la mejoría de las memorias de cálculo.

4.7 Extracción de datos, control de cantidades y apoyo de cronogramas.

Una vez terminados los modelos tridimensionales, se procedió a la extracción de los datos geométricos de manera detallada, la cual sirvió como control de las cantidades correspondientes del proyecto y fue la base para la creación de cronogramas. Para lo anterior, se usó como apoyo en la utilización de Project para facilitar el control de los mismos; por su parte, los rendimientos se establecieron a partir de bibliografía, recomendaciones del *invias* y proyectos previamente realizados por la empresa.

4.8 Seguimiento de rendimientos

Durante la ejecución de los proyectos se planteó, de ser posible, el seguimiento de los rendimientos reales para realizar una comparación con aquellos inicialmente propuestos, de tal manera que se pueda determinar la efectividad de las metodologías BIM implementadas.

4.9 Verificación de los proyectos

Finalmente, se realizó una revisión de los resultados obtenidos en cada proyecto, detectando algunas problemáticas o mejoras observadas que puedan ser de utilidad para futuros proyectos.

5 RESULTADOS.

A continuación, se describen los resultados obtenidos organizados a través de secciones, en las cuales se describen las generalidades y resultados de cada uno de los tres proyectos implementados.

5.1 Proyecto 1: “Consultoría para la elaboración de estudios y diseños sobre la vía terciaria que de la vereda Támara conduce a la vereda Santa Bárbara”.

5.1.1 Generalidades del proyecto.

Este proyecto consiste en la consultoría para los diseños y especificaciones correspondientes a varios tramos de intervención sobre la vía terciaria que conduce de la vereda Tamara a la vereda Santa Barbara, específicamente se han identificado cuatro tramos de intervención:

- El primer tramo corresponde al encausamiento y protección sobre la vía debido a la existencia de un arroyo que con las subidas de nivel causa graves daños a la infraestructura vial deteniendo el paso y poniendo en riesgo a quienes transitan por la zona; para esto se ha planteado el diseño y la creación de un box culvert que permita encausar el flujo de agua y permita el paso sobre este.
- El segundo tramo consiste en el diseño y creación de una placa huella de 116 (m) en el ramal Tamara iniciando en el PK 3+275 y terminaría en el PK 3+391, el cual corresponde a uno de los tramos mayor afectados y que posee una pendiente pronunciada.
- El tercer tramo consiste en el diseño y creación de una placa huella de 60 (m) en el ramal Tamara iniciando en el PK 3+190 y termina en el PK 3+250.

- El cuarto tramo consiste en el diseño y creación de una placa huella de 50 (m) en el ramal Tamara iniciando en el PK 3+478 y terminando en el PK 3+528.
- Adicionalmente se tendrán en cuenta una serie de obras adicionales que consisten en 460 m de cunetas ubicadas en el tramo 2, PK 3+275 hasta el PK 3+391 ramal Tamara, tramo 3, inicia en el PK 3+190 y termina en el PK 3+250 ramal Santa Bárbara, tramo 4 iniciando en el PK 3+478 y terminando en el PK 3+528 ramal Santa Bárbara.

5.1.2 Localización.

El corredor vial localizado en la vereda Támara que conduce a la vereda Santa Bárbara, ubicadas sobre la ruta nacional 66 conocida como vía la soberanía, y al sur este del municipio de Toledo área urbana, al noreste del corregimiento de San Bernardo, cuya dirección principal es de oeste a este.

El municipio de Toledo se ubica en el departamento de Norte de Santander, aproximadamente a 93.8 Km de la capital del departamento en las coordenadas Magna Sirgas para el área urbana de Toledo 1299864.634 N y 844979.075 E, mojón SAZ-GPS-D-NS-011 del IGAC, cuenta con una extensión territorial urbana de 92,77 (Ha), y una extensión total para municipio de 157.790,95 (Ha), Limitado al norte con los municipios de Chinácota, Herrán y la República de Venezuela, al oriente con Venezuela y el municipio de Herrán, por el sur con el municipio de Cubara Departamento de Boyacá, en el occidente con los municipios de La Bateca, Chinácota, Pamplona y Chitagá.

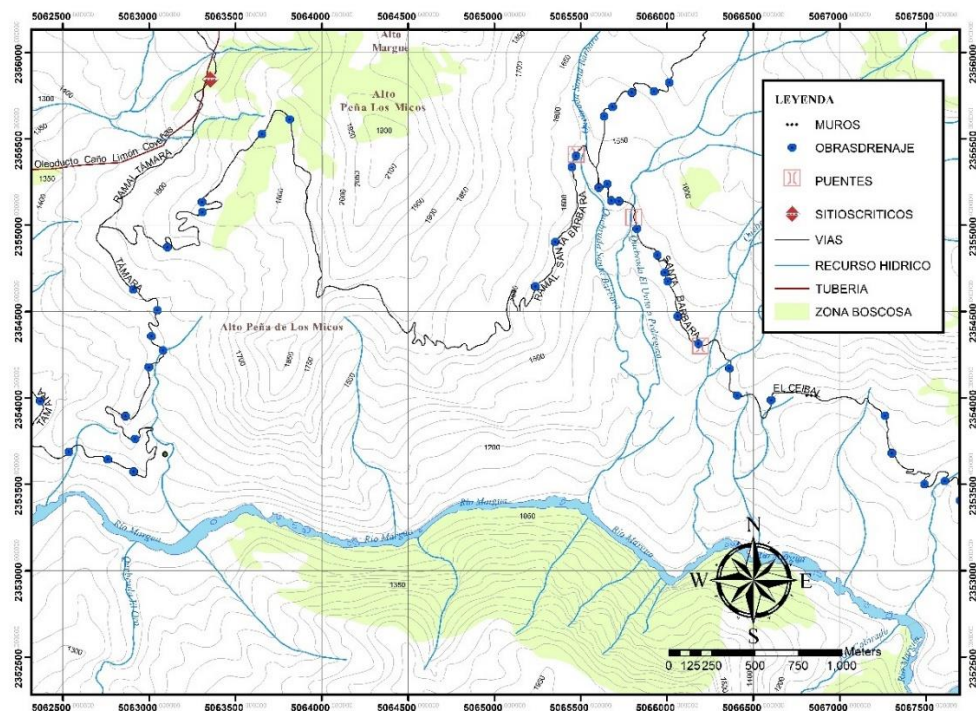


Ilustración 6. Ubicación de los ramales Tamara y Santa Bárbara. Fuente (Elaboración propia).

Tramo 1:

El primer tramo corresponde desde el PK 3+070.29 hasta el PK 3+106.26 del ramal Tamara, en dirección oeste - este. Sobre este tramo se encuentra un tubo PVC Novafort que permite el paso de un arroyo caudaloso, dos casas y un corral se ubican al norte de la vía, la topografía de la zona se muestra como una planicie pequeña por la cual pasa el arroyo.



Ilustración 7. Ubicación del tramo. Fuente (Elaboración propia).

Tramo 2:

El segundo tramo corresponde desde el PK 3+241.96 hasta el PK 3+444.30 del ramal Tamara, en dirección oeste - este. Este tramo se encuentra ubicado cerca al sitio conocido como la peña de los micos, y sobre este mismo se ubica el camino de acceso a este lugar, no existe ningún tipo de construcción y presenta poca flora alta, la topografía posee una pendiente alta correspondiente de la montaña.

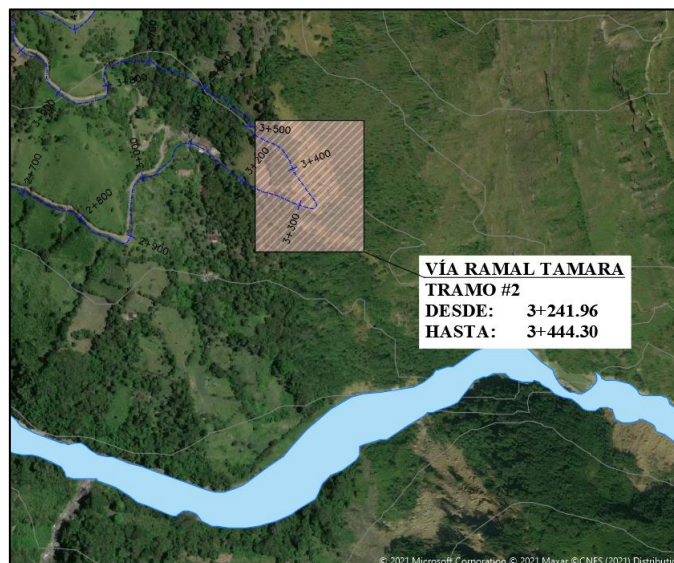


Ilustración 8. Ubicación del tramo 2. Fuente. (Elaboración propia).

Tramo 3:

El tramo corresponde al PK 3+140.33 hasta el PK 3+303.93 del ramal Santa Bárbara, en dirección oeste - este. Sobre este tramo no se encuentran construcciones y la topografía es muy agresiva, presentando pendientes muy altas hacia sus lados.

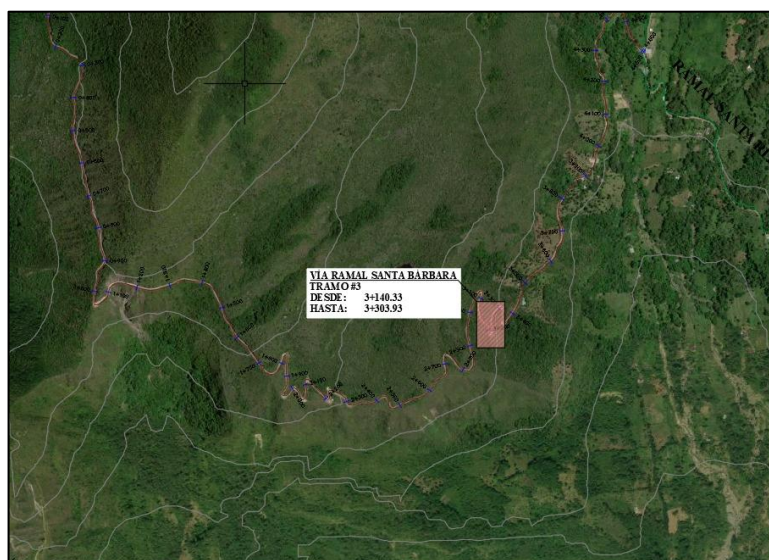


Ilustración 9. Ubicación del tramo 3. Fuente. (Elaboración propia).

Tramo 4:

Este tramo inicia el PK 3+473.23 hasta el PK 3+568.71 del ramal Santa Bárbara, en dirección oeste - este. En este tramo se encuentra ubicada una casa hacia el norte de la vía, y la topografía del terreno resulta sobre una pendiente media hacia el sur y más inclinada hacia el norte.



Ilustración 10. Ubicación del tramo 4. Fuente (Elaboración propia).

5.1.3 Diagnóstico del estado inicial.

Inicialmente, se realizó una serie de visitas a los lugares en compañía del equipo de trabajo, por lo que se pudo determinar el tiempo de desplazamiento desde la Vereda Tamara para llegar a la Vereda Santa Bárbara en dos (2) horas, teniendo un trayecto de 8.453 (Km) de vía para la vereda Tamara y 4.605 (Km) para la vereda Santa Bárbara, generando un total de 13.058 (Km) como zona de estudio, del cual el 85 % de la longitud se encontraba pésimas condiciones, sin estructura de pavimento a nivel de afirmado, siendo en su mayoría vía destapada y en algunos tramos en placa-huella; así mismo, se identificó como una posible causa del deterioro y mal estado de las vías el manejo deficiente e inadecuado de las aguas superficiales.

	
<i>Ilustración 11. Estado inicial tramo 1.</i> <i>Fuente: propia</i>	<i>Ilustración 12. Estado inicial tramo 2.</i> <i>Fuente: propia</i>
	
<i>Ilustración 13. Estado inicial tramo 3.</i> <i>Fuente: propia</i>	<i>Ilustración 14. Estado inicial tramo 4.</i> <i>Fuente: propia</i>

5.1.4 Alcance del proyecto:

Para dar por cumplida la realización de este proyecto se tendrá en cuenta los objetivos planteados para este, los cuales consisten en plantear las obras civiles enfocadas al mejoramiento de los tramos críticos mencionados en la sección 5.1.2., a continuación, se mencionan dichos objetivos:

- Realizar los estudios topográfico, geológico y geotécnico, de tránsito, hidrológico y diseño hidráulico de obras, trazado y diseño geométrico, plan de manejo ambiental (PMA), presupuesto, ficha MGA y especificaciones técnicas sobre la vía terciaria.
- Diseñar la placa huella que el proyecto requiera en conjunto con las obras de drenaje para la vía terciaria.
- Presentar los documentos finales que incluyen los informes, planos de diseño y presupuesto de inversión para el mejoramiento de la vía terciaria.
- Desarrollar la Metodología General Ajustada (MGA), en la formulación del proyecto.

5.1.5 Analizar el estado actual de los procesos usados para el desarrollo de los proyectos.

Revisión proyectos previos.

Inicialmente se solicitó a la empresa PROYECTOS I.T. INGENIERIA S.A.S. información correspondiente a sus proyectos, algunos de estos corresponden a algunas vías terciarias, vías urbanas, edificaciones de uso unifamiliar y multifamiliar, entre algunos otros, en estos se pudo observar el uso de herramientas básicas para el desarrollo principalmente el software AutoCAD para el área de dibujo, y para el área de diseño se implementan tablas de Excel junto a programas de cálculo como tipo SAP2000.

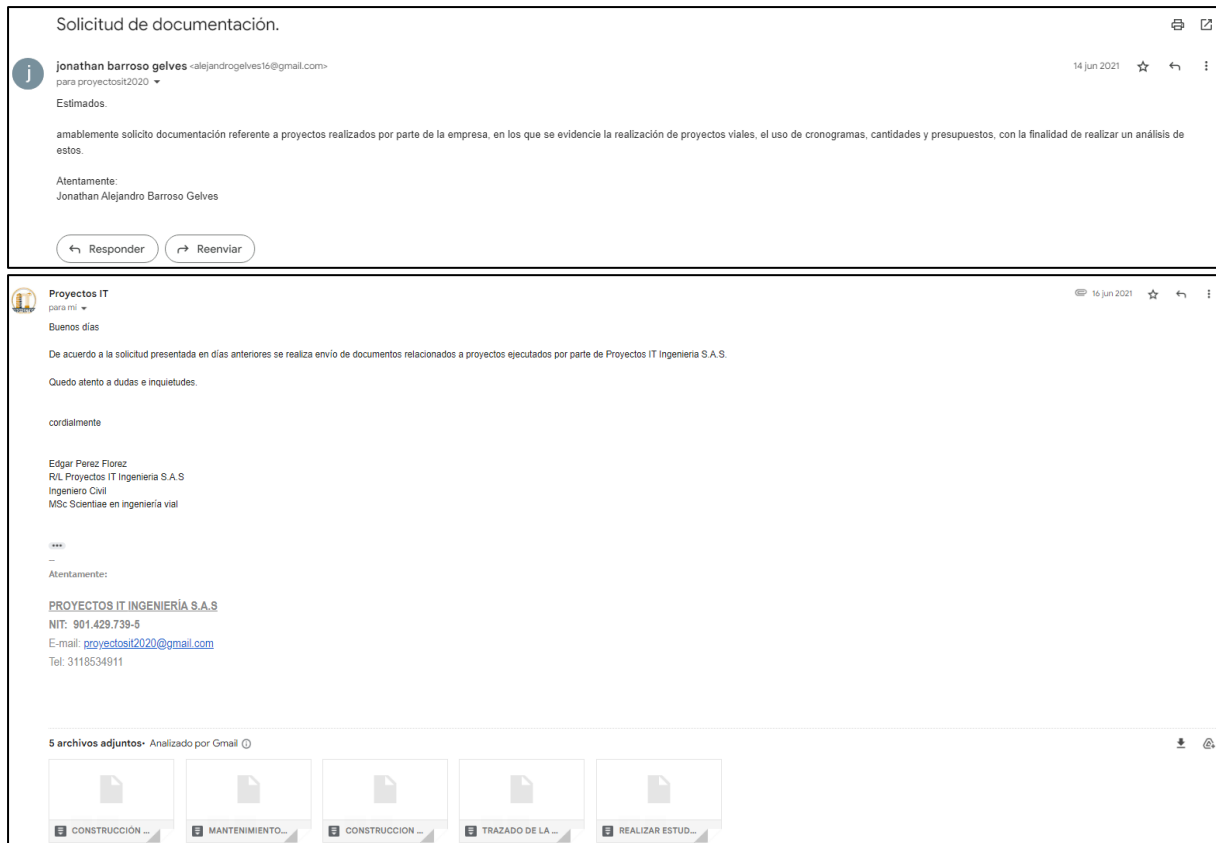


Ilustración 15. Soporte de solicitud de documentación previa. Fuente: (propia).

Análisis los procesos utilizados

Este estudio de caso y procesos se desarrolló a partir de la información obtenida previamente de la empresa, de los cuales se pudo determinar que desde su inicio no se han concebido muchas ideas que permitan una fácil organización de la información y de los proyectos; algunas de estas falencias que se detectaron respecto a proyectos son:

- No existe de un plan de implementación previo al desarrollo del proyecto.
- Aunque ya se trabajaban algunos programas como lo es el civil 3D, no existía personal que contara con conocimientos avanzados que permitieran un mejor aprovechamiento de estas herramientas tecnológicas.
- No existían canales de comunicación que permitieran la organización de los equipos de trabajo.

- No se encontró algún tipo de organización o estandarización en los proyectos o informes, dificultando la búsqueda de algunos archivos o el uso de capas en programas como AutoCAD.
- No se encontró una estandarización de los programas y versiones utilizadas, ya que estas variaban según el equipo de trabajo.
- La obtención de datos para cantidades se realizaba a través de procedimiento manuales, conllevando a un aumento en los tiempos de trabajo, alto riesgo de errores y baja eficiencia.
- No existe una estandarización de las hojas y formatos de cálculo usados.

5.1.6 Realizar los modelos paramétricos para cada obra.

Organización de la información.

Inicialmente se plantearon varias reuniones de manera virtual que agruparan al equipo de trabajo que sería participe de este proyecto, en estas se dio a conocer los objetivos y la metodología que sería implementada además de plantear programas que pudieran usar todos los participantes; estas reuniones continuaron realizándose periódicamente para verificar los avances del proyecto.

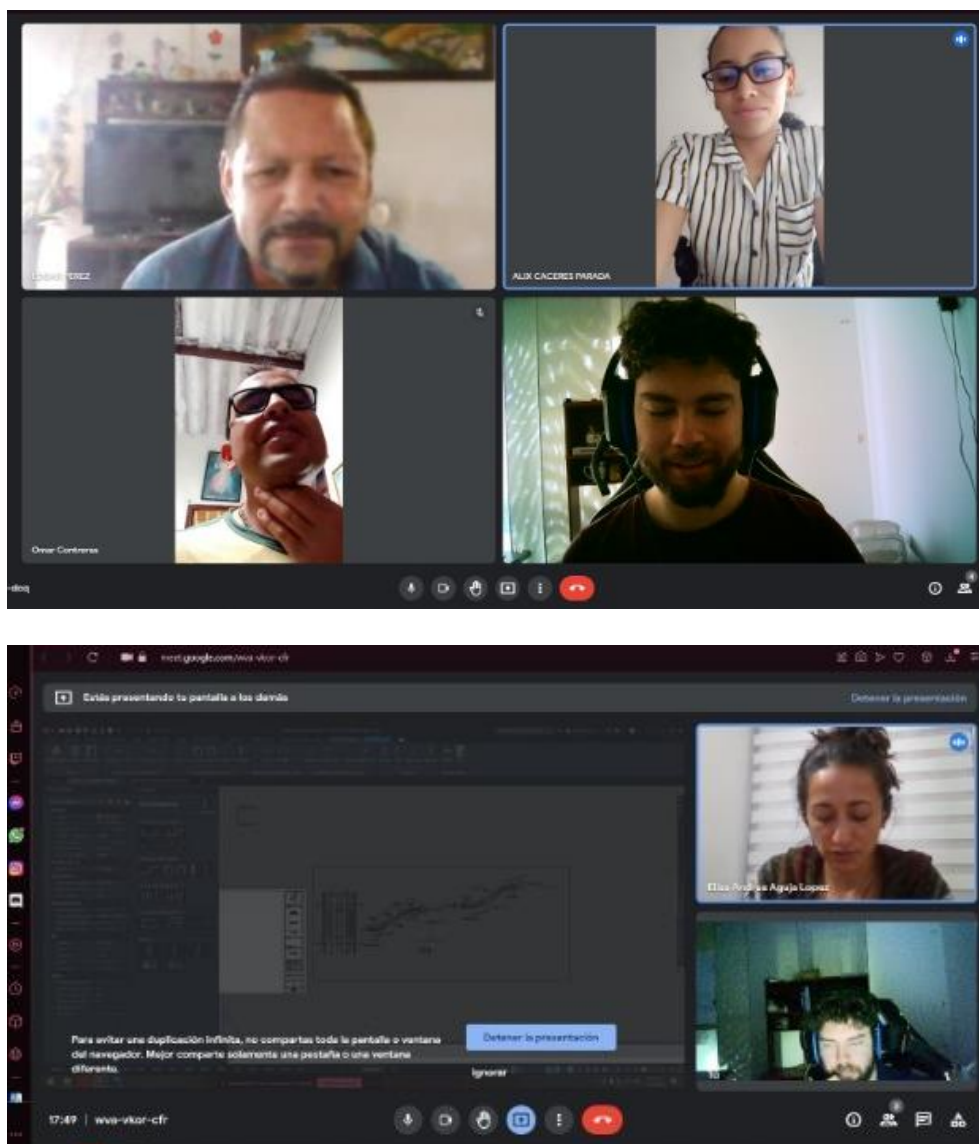


Ilustración 16. Reunión del equipo de trabajo.

Posteriormente a la investigación realizada se planteó una metodología de uso para este proyecto, creando inicialmente un canal de comunicación único a través de servicios de alojamiento de archivos en la nube como es el *Onedrive*, esta decisión fue tomada para facilitar el trabajo y evitar problemas de conexión o dificultad de uso, y una vez se tenían claros los objetivos requeridos se estableció un listado de carpetas y archivos, la cual es mostrada a continuación:

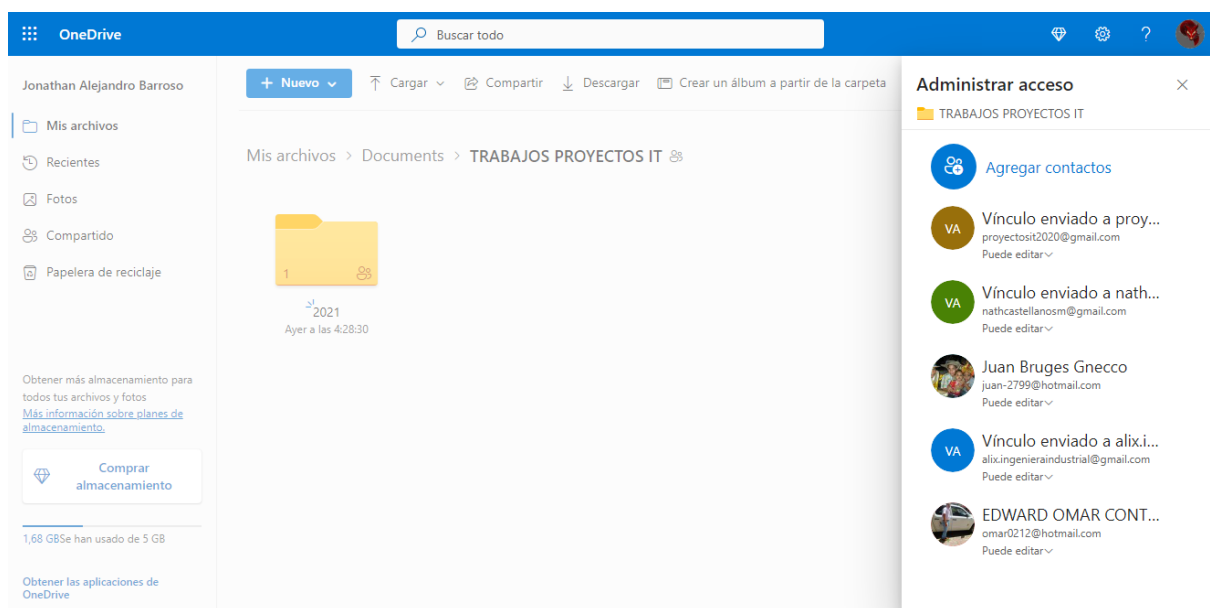


Ilustración 17. Carpeta de acceso a la nube. Fuente (Elaboración propia).

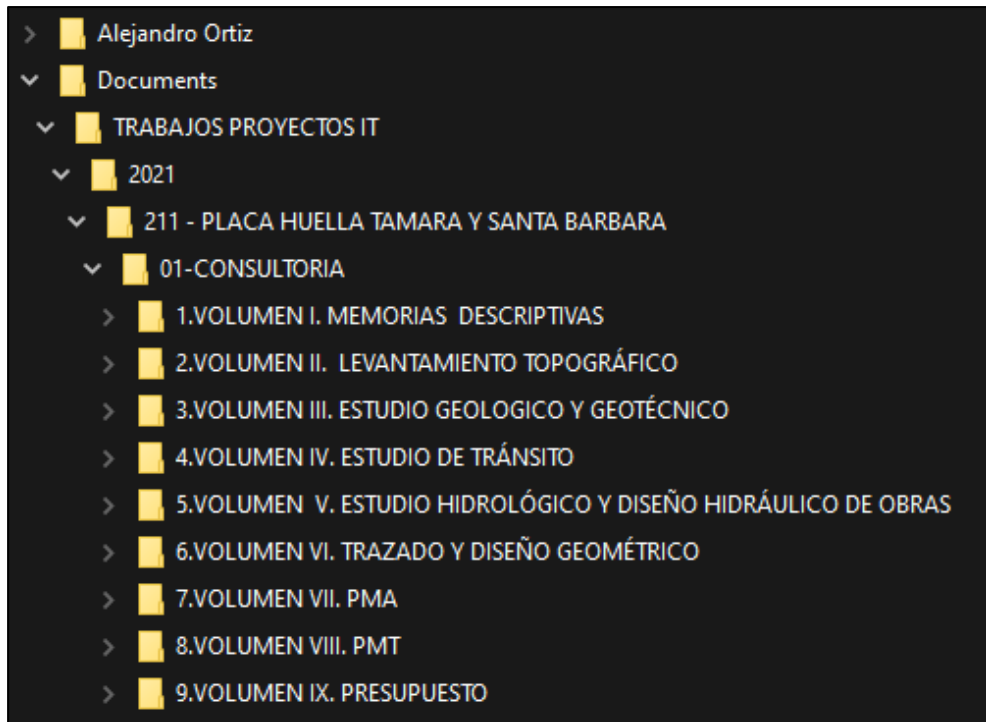


Ilustración 18. Listado de carpetas de cada uno de los apartados del proyecto. Fuente (elaboración propia).

Ya una vez establecida la organización preliminar, se comenzó a realizar los estudios y toma de datos necesarios para la ejecución del proyecto, durante esta etapa se participó de la toma de topografías, muestras de suelo y la realización de los informes.

A continuación, se plantea como diagrama la metodología propuesta, y la cual se implementó para el desarrollo de este proyecto específico teniendo en cuenta los estudios y procesos realizados para cada uno de los tramos identificados.

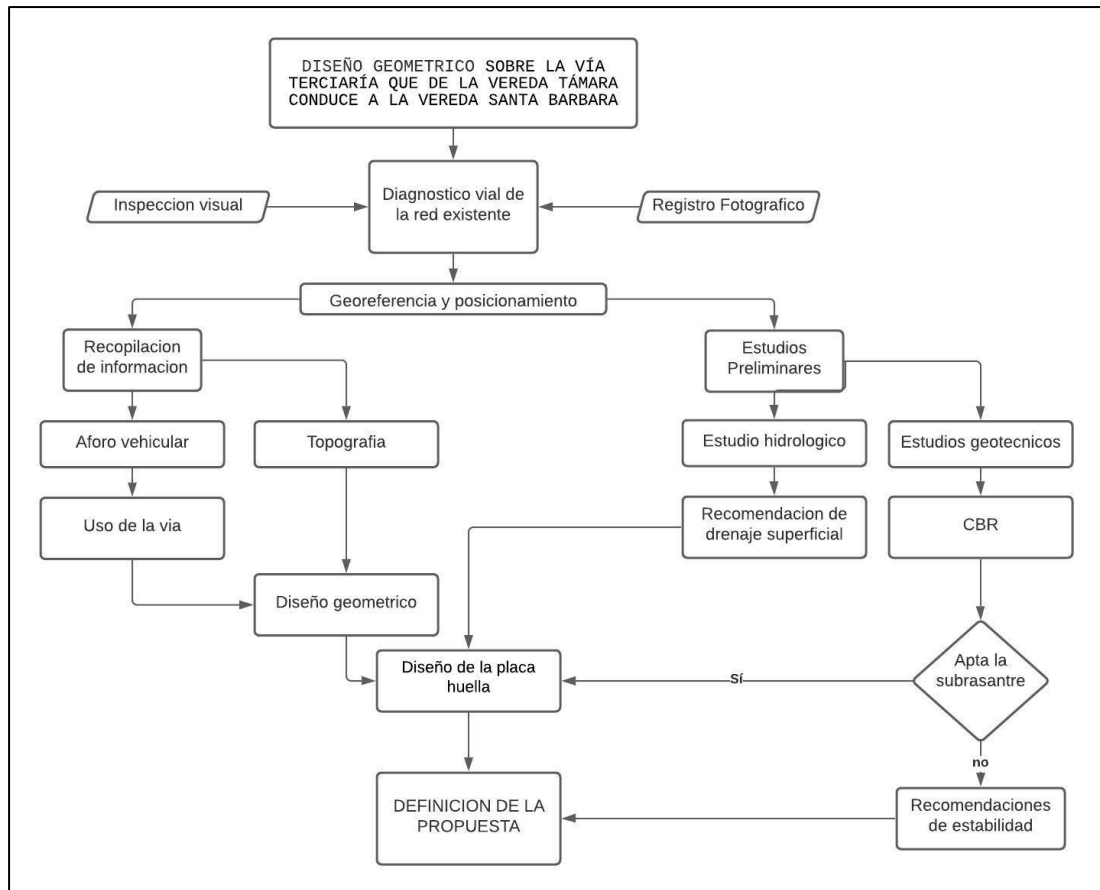


Ilustración 19. Proceso metodológico para el diseño de la propuesta de placa huella. fuente (propia)

Estudio topográfico.

La realización de las topografías del estado inicial de la vía se realizó por medio de la estación topográfica Stonex R1 plus y se estableció sobre los tramos que serían intervenidos, teniendo como referencia el mojón del IGAC 007^a<SAZ-GPS-D-NS-011 ubicado en la biblioteca municipal de Toledo, posteriormente se realizó la depuración y procesado de datos por medio de la aplicación Stonex data manager.



Ilustración 20. Realización de estudios topográficos.

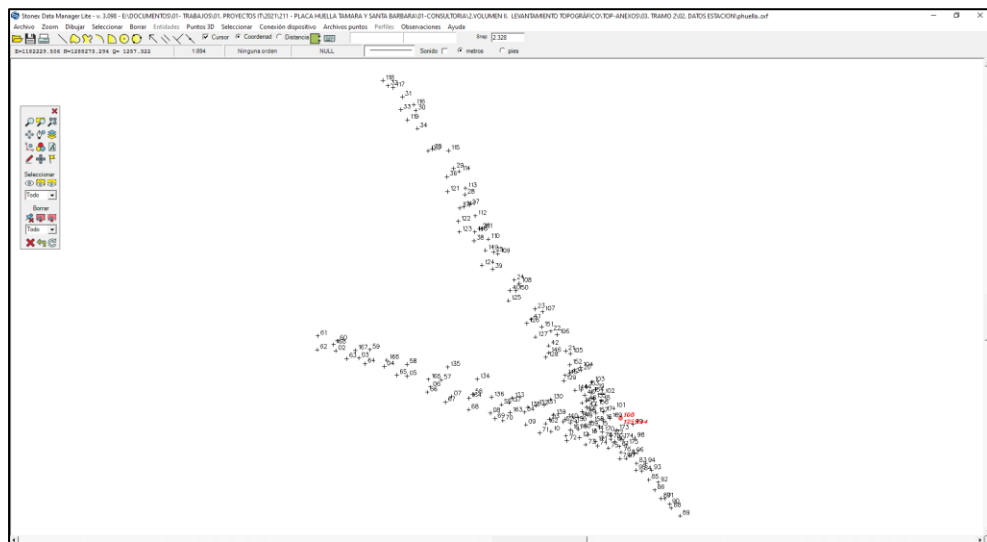


Ilustración 21. Procesamiento de datos con el programa Stonex data manager. fuente (propia).

Estudio Geotécnico.

Los estudios geotécnicos fueron realizados por medio de un sub contrato con la empresa GEOTECNICAS DEL NORTE la cual realizo los ensayos por medio de equipos SPT a los costados de las vías. Resultando en un total de 6 sondeos para el total de tramos de vía estudiados de los cuales Los sondeos 1 y 2 Corresponden a los tramos de vía 1 y 2 respectivamente los sondeos 3 y 4 al tramo 3 y los sondeos 5 y 6 al tramo 4, como nota se debe destacar que los sondeos no pudieron ser realizados a profundidades mayores debido a la presencia de rocas que evitaban la perforación.



Ilustración 22. ensayos de SPT en campo fuente (propia).

RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS							
Sondeo No.	S1-E1	S2-E1	S2-E1	S3-E1	S4-E1	S5-E1	S6-E1
Profundidad (m)	2,50 m	0,70 m	2,50 m	1,16 m	0,80 m	0,75 m	0,87
Determinación De Los Tamaños De Las Partículas Del Suelo (NORMA INVE-123-13)							
Gravas (%)	14,1	3,6	11,9	26,2	24,7	19,1	1,9
Arenas (%)	35,2	13,4	19,2	59,0	53,5	55,2	16,9
Finos (%)	50,7	83,0	68,9	14,8	21,8	25,8	81,1
Contenido De Humedad De Muestras De Suelo (NORMA INVE-122-13)							
Humedad - W (%)	16,67	22,42	24,62	16,30	16,93	30,69	7,30
Determinación del Limite Liquido y Plástico de Los Suelos (NORMAS INVE-125-13/ 126-13)							
Limite Liquido – LL (%)	38,2	51,5	47,2	NL	NL	NL	29,4
Limite Plástico – LP (%)	20,6	24,8	22,7	NP	NP	NP	17,3
Índice Plástico – IP	17,6	26,7	24,5	-	-	-	12,1

Tabla 3. Resultados de clasificación de suelos. fuente (geotécnicas del norte).

A partir de los resultados mostrados en las tablas 3 y 4 se puede establecer las características propias del suelo para una de las zonas de estudio, de las cuales se pueden inferir que los suelos situados en la parte bajan del de la vía terciaria son en su mayoría arcillas con baja plasticidad debida en su mayoría a sedimentos provenientes de la montaña, y en las partes altas se corresponde a arenas con poca presencia de material orgánico.

CALSIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO (METODO U.S.C.S.)							
Sondeo No.	S1-E1	S2-E1	S2-E1	S3-E1	S4-E1	S5-E1	S6-E1
Profundidad (m)	2,50 m	0,70 m	2,50 m	1,16 m	0,80 m	0,75 m	0,87
Clasificación U.S.C.S.	CL	CH	CL	SM	SM	SM	CL
Descripción	Arcilla de baja plasticidad con algo de arena y trazas de grava, color marrón pardo.	Arcilla de alta plasticidad con color con trazas de arena y grava, color marrón grisáceo.	Arcilla de baja plasticidad con algo de arena y trazas de grava, color marrón pardo.	Arena limosa con algo de grava color café oscuro	Arena limosa con algo de grava color café oscuro	Arena limosa con algo de grava color café oscuro	Arcilla de baja plasticidad con algo de arena y trazas de grava, color amarillo claro.

Nota: S: Sondeo E: Estrato

Tabla 4. Clasificación de suelos Método U.S.C.S. fuente (geotécnicas del norte)

Respecto a los análisis de CBR requeridos para los diseños de vías se obtuvieron mediante la correlación de resultados obtenidos de la clasificación de suelos, tal como se muestra en la ilustración

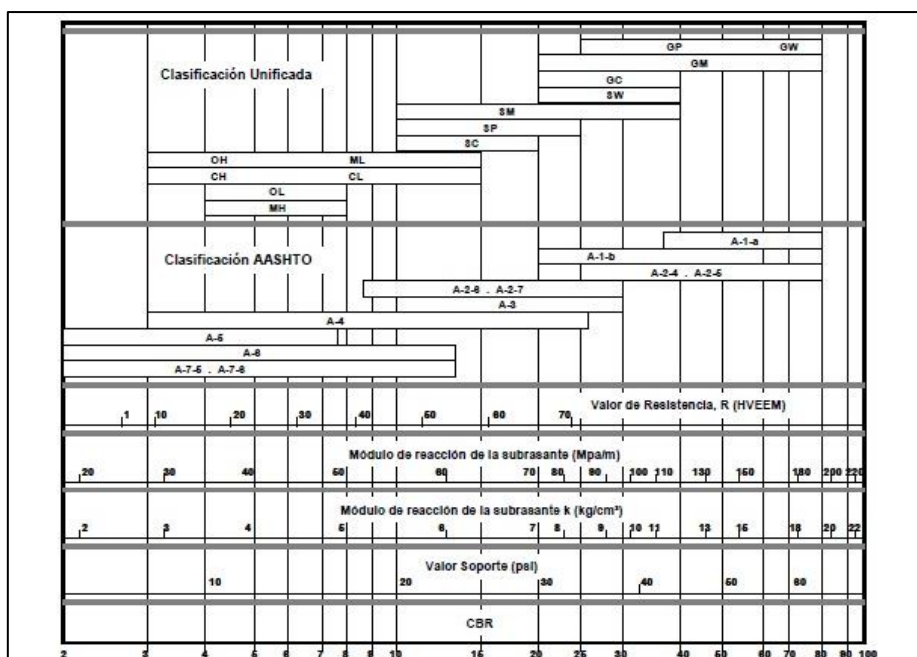


Ilustración 23. relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores del CBR y K. fuente (AASHTO, 1993).

CBR		DESCRIPCIÓN
Tramo 2 – Sondeo 2	4%	Sub Rasante Baja
Tramo 3 – Sondeo 3 y 4	15%	Sub Rasante Buena
Tramo 4 – Sondeo 5 y 6	15%	Sub Rasante Buena

Tabla 5. Resultados de CBR fuente (propia)

Estos resultados establecen valores de CBR superiores al 3% lo que corresponde a subrasantes aceptables para el diseño de pavimentos con placa huella, en todo caso se recomendó mejorar la capacidad de la subrasante cuando posee un CBR menor al 5%, mediante disposición de material de afirmado o subbase con una profundidad máxima de 15 cm, para la construcción de la placa huella

Estudio de tránsito.

También se realizó un estudio de tránsito para lo que se ejecutó un aforo vehicular durante 3 días en periodos de 12 horas del cual se pudo determinar un tránsito vehicular correspondiente al transporte de productos agrícolas dirigidos al casco urbano de los municipios de Toledo, San Bernardo y Pamplona, con un promedio de tránsito de 31 motocicletas al día, 23 vehículos livianos y 2 camiones, cuyo vehículo de mayor amplitud es una camion con eje direccional en la parte delantera y eje simple en la parte trasera, lo que hace posible el planteamiento de la placa huella.

Día	Dirección	Tipo									Total Camiones	% Direccional
		Livianos		Camiones					Otros			
		2	3	C2-M	C2-G	C3-G	C4	C5	Motos	Bicicletas		
		Automoviles y Vagonetas	Camionetas (hasta de 2 Tn)	Camiones medianos (2.5 a 10 Tn; 2 ejes)	Camiones Gran. (más de 30 Tn; 2 ejes)	Camiones Gran. (más de 30 Tn; 3 ejes)	Camiones Grandes (4 ejes)	Camiones Grandes (5 ejes)				
												
1	Tamara-Santa Barbara	9	4	1	0	0	0	0	18	0	1	55.56
	Santa Barbara-Tamara	6	3	1	0	0	0	0	15	0	1	44.44
	TOTAL DIA	15	7	2	0	0	0	0	33	0	2	55.56
2	Tamara-Santa Barbara	6	3	1	0	0	0	0	13	0	1	44.44
	Santa Barbara-Tamara	8	4	1	0	0	0	0	16	0	1	55.56
	TOTAL DIA	14	7	2	0	0	0	0	29	0	2	55.56
3	Tamara-Santa Barbara	9	5	1	0	0	0	0	17	0	1	54.55
	Santa Barbara-Tamara	7	4	1	0	0	0	0	14	0	1	45.45
	TOTAL DIA	16	9	2	0	0	0	0	31	0	2	54.55

Ilustración 24. Resumen del Aforo vehicular fuente (propia)

% Composicion del Transito

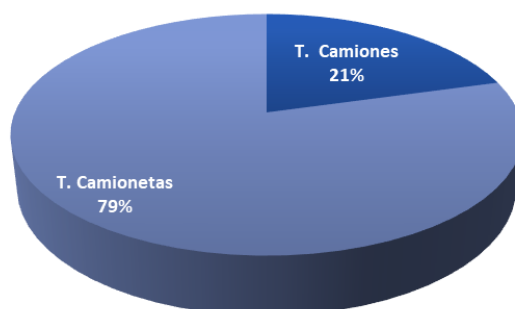


Ilustración 25. Distribución del tránsito como porcentaje.

Estudio Hidrológico.

Para los estudios hidrológicos se tomaron los datos recolectados por las estaciones meteorológicas pertenecientes al IDEAM cercanas a la zona de estudio detalladas en la tabla 6, de las cuales se pudo determinar una lluvia crítica de 576.10 mm, siendo junio el mes con mayor probabilidad de incidencia.

Estación	Coordenadas		Elevación	Código	Tipo	Entidad
	Norte	Este				
San Bernardo de bata	7° 13' 36"	72° 26' 31"	1045	37020020	PM	IDEAM
Peña de los Micos	7° 11' 49.10	72° 25' 29.20"	870	37027010	LG	IDEAM

Tabla 6. Estaciones meteorológicas. fuente (propia)

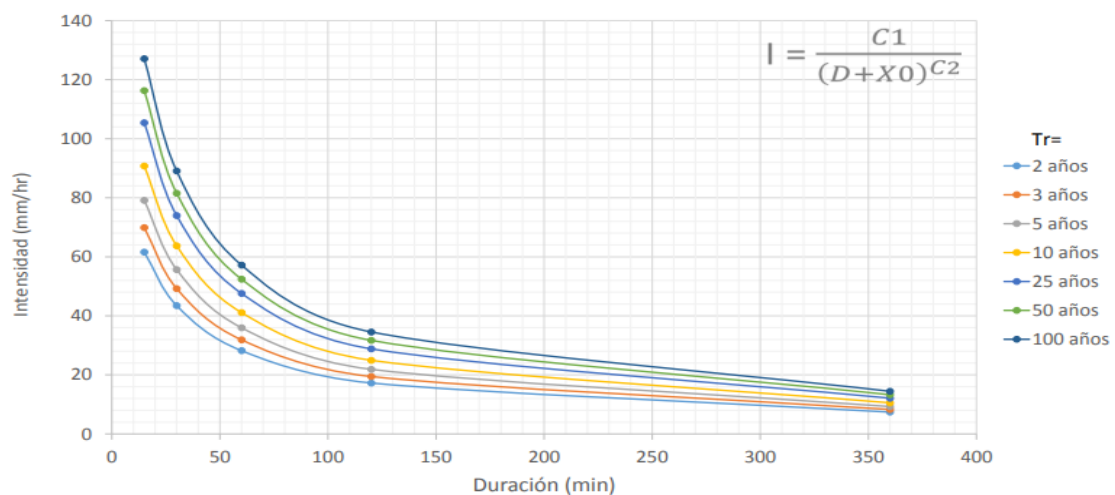


Ilustración 26. Curvas IDF a partir del método Vargas & Diaz fuente (propia).

Tomando cuenta que los tramos estudiados se sitúan sobre la vertiente Este de la cuenca del río Margua, conformado por la unión de los ríos Culaga y Valegra, cauces que drenan la vertiente alta de la cordillera oriental, se determinó un drenaje superficial tipo intermitente de 1er orden que nace de las vertientes medias y altas, alimentado por el flujo de aguas sub superficiales las cuales fluyen por medio de los suelos coluviales arenosos, y sobre los tramos 3 y 5 se identifican varios nacederos, correspondientes a la parte media y alta respectivamente,

sin embargo, no se logró detectar un nivel freático, debido a la veloz evacuación que presenta el terreno.

Se realizó el análisis para la construcción de un box culvert sobre la cuenca correspondiente al tramo 1 situado sobre el PK 3+090.00 correspondiente al ramal Tamara, por el cual atraviesa un arroyo de primer orden el cual posee las siguientes características:

- Área del drenaje (A): 0.358947 Km²
- Long. Del cauce (L): 913.83 m
- Long. Axial (La): 911.98 m
- S% media (S): 26.91%
- Perímetro de la micro-cuenca (p): 3297.21 m
- Dif. de altura (Δh): 245.911m

Con estos datos y apoyado en el software ArcGIS el ingeniero ambiental encargado de este estudio determino un caudal de diseño 2.1985 m³/s.

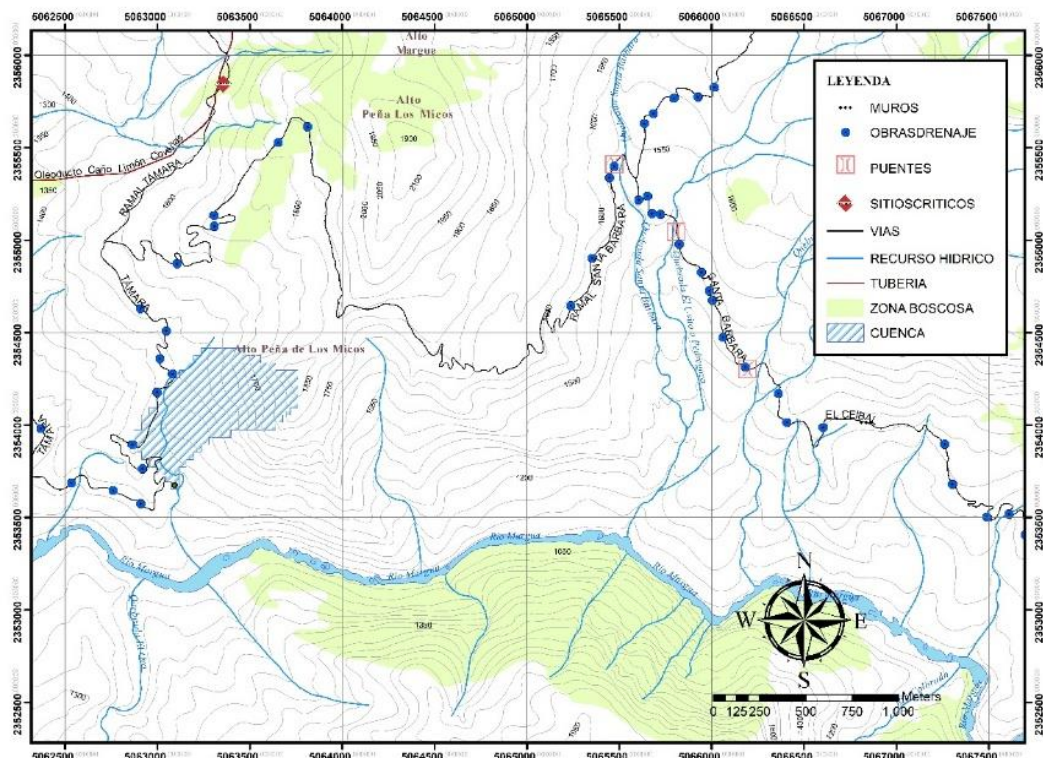


Ilustración 27. Mapa delimitación de la micro-cuenca para el Box Culvert fuente (propia).

Una vez obtenidos todos los datos referentes a los estudios previos se procedió a la realización de los diseños los cuales se basaron principalmente en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella establecida por el INVIAS, en la que se muestran los estándares de diseño geométrico de las vías terciarias junto con sistemas de alcantarillado y drenaje.

Diseño geométrico.

La vía se planteó como una placa huella con un periodo de 20 años, con un mantenimiento en su etapa de operación basado exclusivamente en la limpieza de las obras hidráulicas y la rocería, con un diseño por carga ultima para un eje tandem de 22 toneladas de un camión C-3, como indica la norma INVIAS.

Atendiendo a estos criterios y los estudios realizados se muestran en la siguiente tabla los parámetros finales de diseño:

TRAMO	LONG (m)	CBR (%)	VEHICULO TRANSITO	ESP. SUBBASE	ESP. PLACA- HUELLA
TRAMO 2	116	15	C-3	15cm	15cm
TRAMO 3	60	15	C-3	15cm	15cm
TRAMO 4	50	6	C-3	15cm	15cm

Tabla 7. Parámetros finales del diseño geométrico.

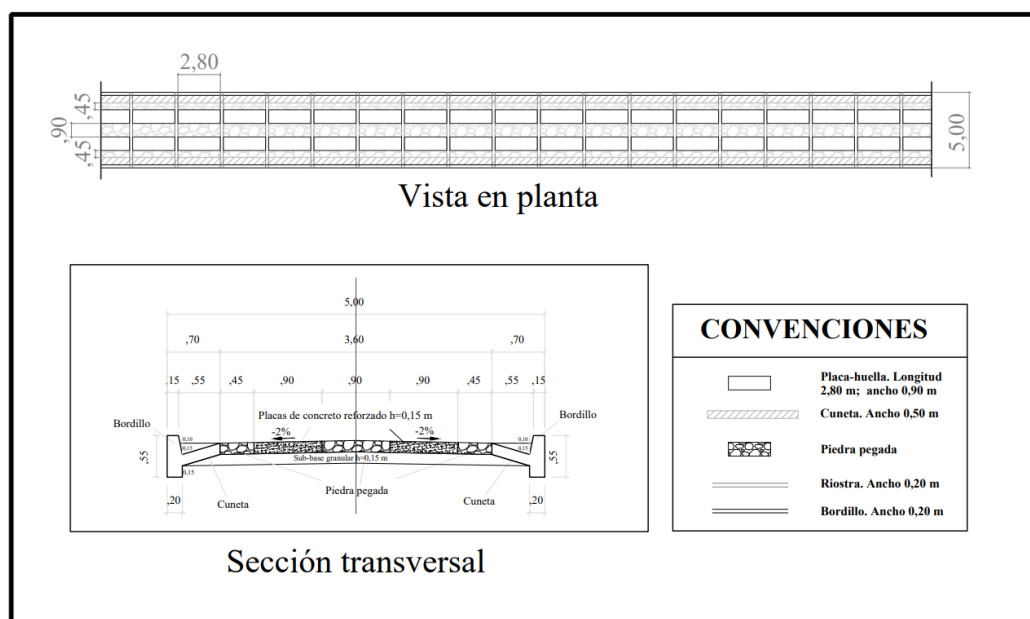


Ilustración 28. Diseño planteado fuente (Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella INVIAS).

A continuación, se muestra un resumen de los datos geométricos resultantes del diseño realizado para cada uno de los tramos.

N°	Tipo	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	P.K. de PI	Punto PI
1	Línea	16.038m	S74° 49' 49"E	3+255.00m	3+258.00m			
2	Curva T4	10.208m		3+258.00m	3+268.21m	60.000m	3+263.11m	(850918.1483m,1288144.5123m)
3	Línea	17.330m	S65° 04' 55"E	3+268.21m	3+285.54m			
4	Curva T4	6.904m		3+285.54m	3+292.44m	60.000m	3+288.99m	(850941.6396m,1288133.5990m)
5	Línea	26.466m	S71° 40' 28"E	3+292.44m	3+318.91m			
6	Curva T12	17.741m		3+318.91m	3+336.65m	7.000m	3+341.25m	(850991.2557m,1288117.1654m)
7	Línea	38.679m	N36° 53' 14"W	3+336.65m	3+375.33m			
8	Curva T2	23.138m		3+375.33m	3+398.46m	100.000m	3+386.95m	(850947.6507m,1288175.2692m)
9	Línea	13.782m	N23° 37' 48"W	3+398.46m	3+400.00m			

Tabla 8. Datos geométricos tramo 2 fuente (propia).

N°	Tipo	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	P.K. de PI	Punto PI
4	Curva T3	27.225m		3+170.00m	3+194.64m	80.000m	3+181.16m	(852836.3709m,1289055.2747m)
5	Línea	14.111m	S18° 17' 07"E	3+194.64m	3+208.75m			
6	Curva T12	18.357m		3+208.75m	3+227.11m	6.200m	3+277.16m	(852866.5743m,1288963.8690m)
7	Línea	22.834m	N7° 55' 41"W	3+227.11m	3+249.94m			
8	Curva T5	16.971m		3+249.94m	3+266.91m	35.000m	3+258.60m	(852852.7949m,1289062.8150m)
9	Línea	6.865m	N19° 51' 16"E	3+266.91m	3+270.00m			

Tabla 9. Datos geométricos tramo 3 fuente (propia).

N°	Tipo	Longitud	Orientación	P.K. inicial	P.K. final	Radio	P.K. de PI	Punto PI
1	Línea	8.012m	N0° 55' 41"E	3+478.00m	3+481.24m			
2	Curva T6	24.734m		3+481.24m	3+505.98m	30.000m	3+494.36m	(852945.8975m,1289173.6292m)
3	Línea	22.023m	N48° 10' 03"E	3+505.98m	3+528.00m			
4	Curva T1	37.522m		3+528.00m	3+548.00m	160.000m	3+546.85m	(852986.1252m,1289209.6381m)

Tabla 10. Datos geométricos tramo 4 fuente (propia).

Diseño hidráulico.

Se planteo para este proyecto una serie de obras las cuales están basadas en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella establecida por el INVIAS, las cuales proporcionan un sistema de drenaje de aguas superficiales mínimo, debido a las limitaciones que tiene el proyecto, dichas obras están compuestas de alcantarillas y canales situadas a lo largo de los tramos de placa huella.

PK	Tramo	Vía	Long
3+255	2	Ramal Tamara	5m
3+400	2	Ramal Tamara	5m
3+270	3	Ramal Santa Bárbara	5m
3+478	4	Ramal Santa Bárbara	5m

Tabla 11. Ubicación de las alcantarillas.

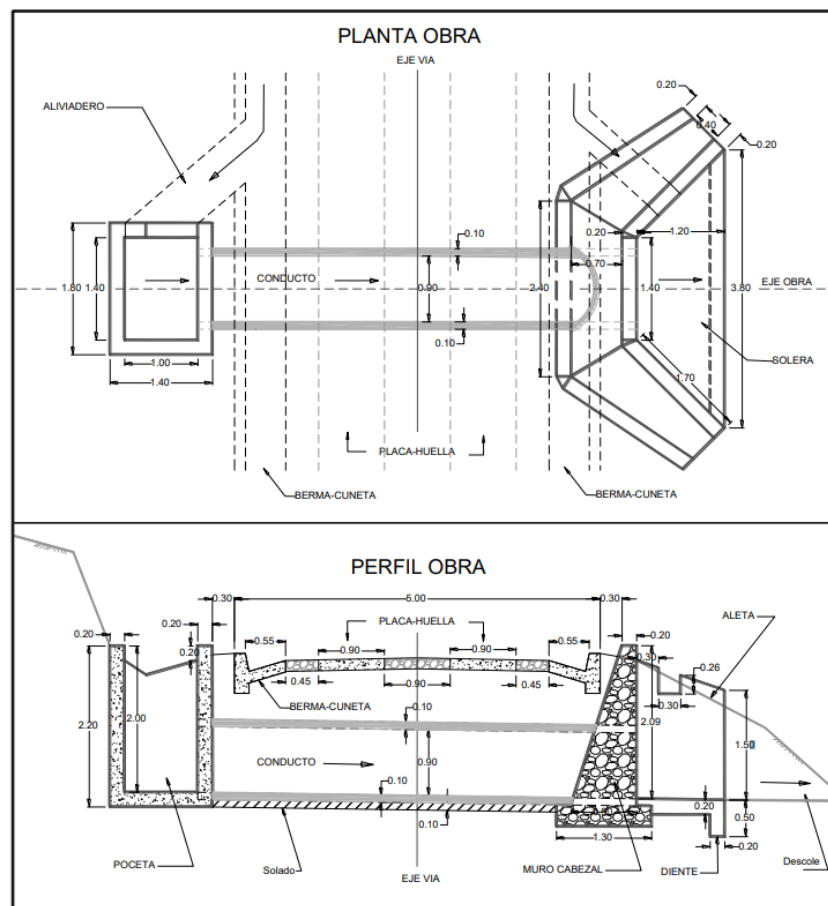


Ilustración 29. Vistas en planta y perfil de diseño de alcantarilla fuente (propia).

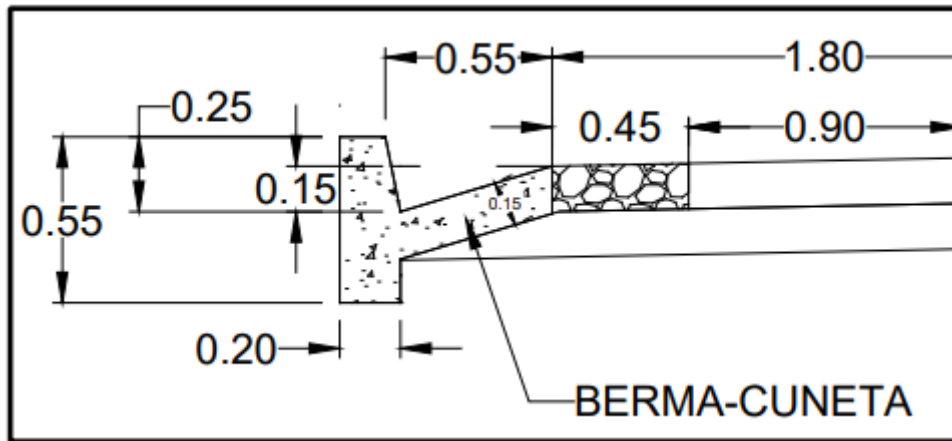


Ilustración 30. Diseño de Berma-cuneta fuente (propia).

Diseños estructurales.

Los diseños estructurales fueron basados en conjunto a la normativa NSR-10 y la normativa INVIAS para los elementos que componen la vía y las obras hidráulicas, para esto se tomaron los siguientes parámetros de diseño:

- Materiales:
 - Concreto $f'_c = 21 \text{ MPa} / 210 \text{ Kg/cm}^2$
Usado en elementos estructurales primarios.
 - Concreto $f'_c = 14 \text{ MPa} / 140 \text{ Kg/cm}^2$
Usado como concreto de limpieza entre el suelo de fundación y el concreto colocado en situ.
 - Concreto Ciclópeo $f'_c = 21 \text{ MPa} / 210 \text{ Kg/cm}^2$
tamaño máximo nominal de 38mm y asentamiento de 5cm
60% de concreto simple y 40% de piedra
 - Acero de refuerzo $f_y = 420 \text{ MPa} / 4200 \text{ Kg/cm}^2$ para $\varnothing \geq 3/8''$.
 - Acero de refuerzo $f_y = 240 \text{ MPa} / 2400 \text{ Kg/cm}^2$ para $\varnothing = 1/4''$.
- Combinaciones de carga:

Según la normativa CCP-14 en su capítulo 3 se establecen las combinaciones de carga para

DC = Peso propio de los componentes estructurales y los accesorios no estructurales.

ES = Sobre carga del suelo

EH = Empuje horizontal del suelo.

EHW = Presión hidrostática.

EQ = Carga sísmica.

Para las cuales se tienen las siguientes combinaciones:

$$1.0DC + 1.0ES + 1.0EH + 1.0EHW$$

$$1.25DC + 1.5ES + 1.35EH + 1.0EHW$$

$$1.25DC + 1.5ES + 1.35EH + 1.0EHW + 1.0EQ$$

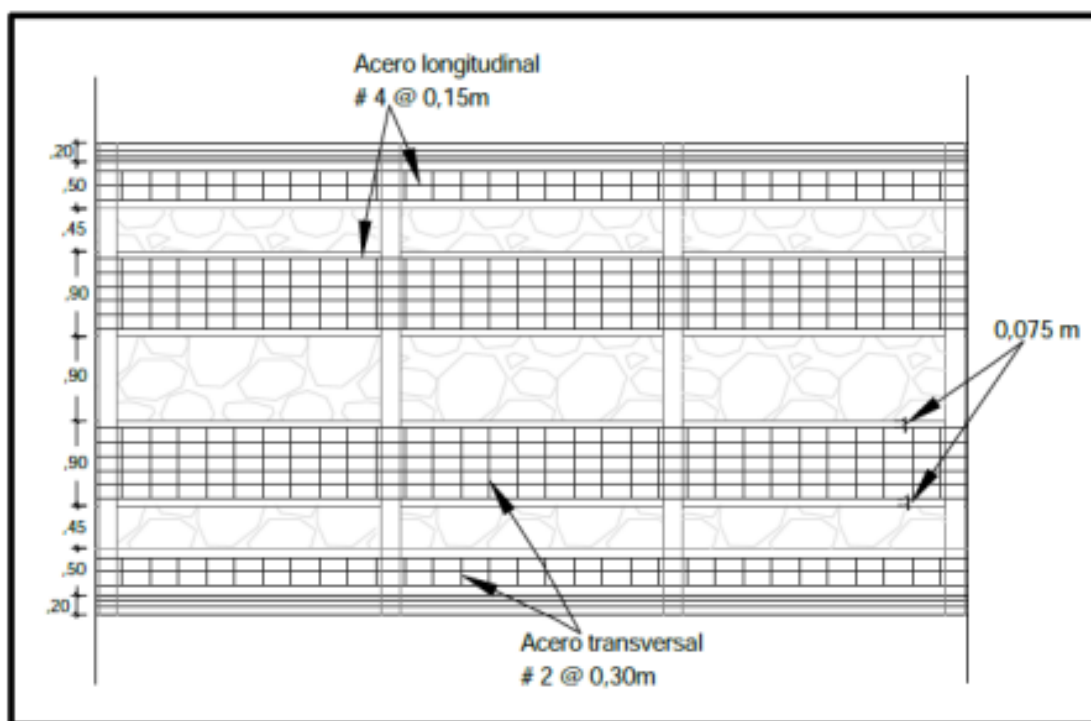


Ilustración 31. Planta de distribución de refuerzos para placa huella fuente (propia).

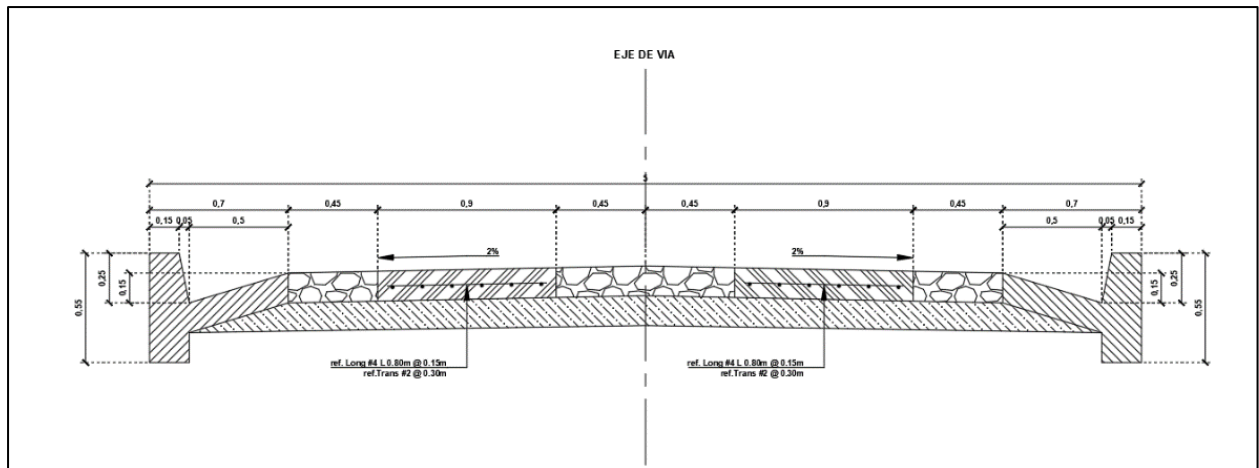


Ilustración 32. Sección transversal típica de placa-huella.

También hay que tener en cuenta que se dispusieron una serie de vigas riostra separando secciones de las losas de placa huella cada 3.00m tal como lo indica la normativa INVIAS.

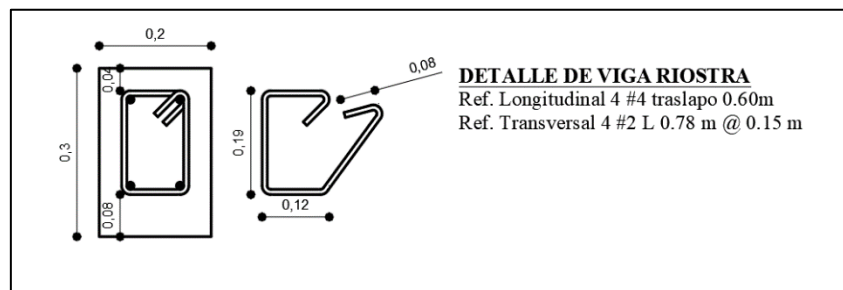


Ilustración 33. Detalle de aceros de viga riostra fuente (propia).

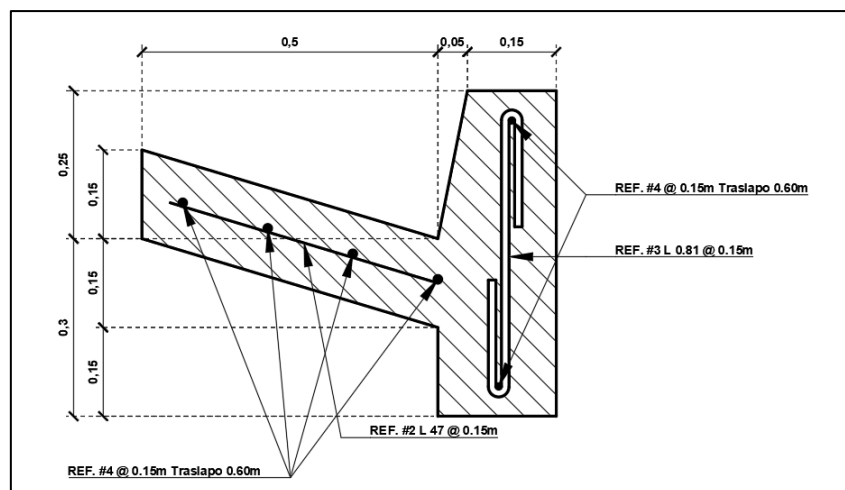


Ilustración 34. Detalle de refuerzo Berma cuneta y bordillo (propia).

Referente al diseño del box culvert este se tomó considerando un marco de concreto reforzado de 2.00m de ancho por 2.00m de alto y una altura de relleno aproximada de 1.00m, con los siguientes parámetros iniciales:

DATOS DE ENTRADA		
Resistencia a la Compresión del Concreto, f'_c	21.00	MPa
Limite Elástico del Acero, f_y	420.00	MPa
Peso Volumétrico del Concreto, γ_c	24.00	kN/cum
Peso del Suelo Saturado, γ_s	21.00	kN/cum
Altura de Alcantarilla, H	2400.00	mm
Base de la Alcantarilla, B	2400.00	mm
Espesor del Muro, t_w	200.00	mm
Espesor de la losa, t_{ls}	200.00	mm
Espesor de la Base de losa, t_{bs}	200.00	mm
Altura del relleno, h_f	1000.00	mm
Servicios Impuestos a Carga Muerta, w_d	0.00	KPa
Presión del Suelo Admisible, Q_a	390.00	KPa
Angulo de Fricción del Suelo, ϕ	32.00	Deg.
Diámetro del Acero de Refuerzo	5/8	in
Distancia del Concreto al Centro de la Varilla	40.00	mm
Nº Capas del Refuerzo	1.00	
Espaciamiento del Acero principal	200.00	mm
Espacio del Acero Por Temperatura	200.00	mm

Tabla 12. Datos de diseño para Box culvert fuente (propia).

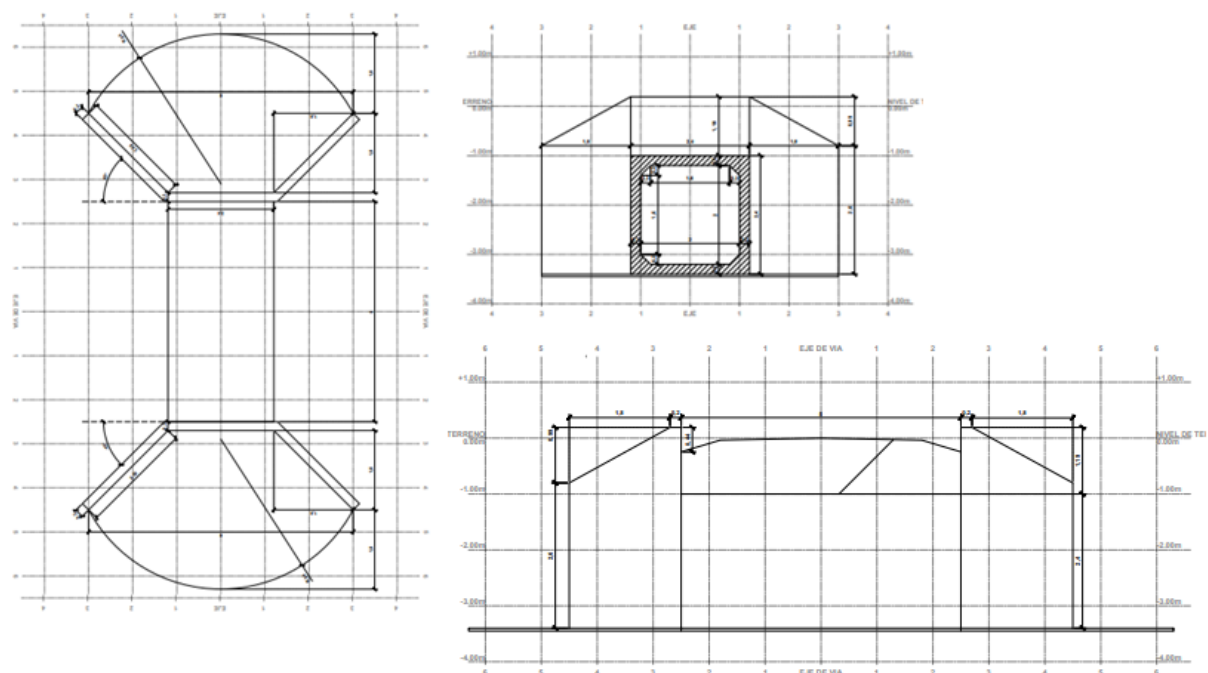


Ilustración 35. Vistas de planta, lateral y frontal del box culvert fuente(propia).

Creación de modelos paramétricos.

La realización de los modelos paramétricos se realizó en todo momento en conjunto con los procesos de diseños y estudios previos de tal manera que se pudieran generar cambios con gran facilidad; Este proyecto en particular se fundamentó en el uso de programas de diseño y modelado como Auto CAD Civil 3D el cual permitió una fácil integración de las topografías y diseños.

Inicialmente y a partir de los datos topográficos se realizó la inserción de los puntos finales de la cartera de campo generando una superficie tin que permite una visualización muy fiel de la topografía real del proyecto.

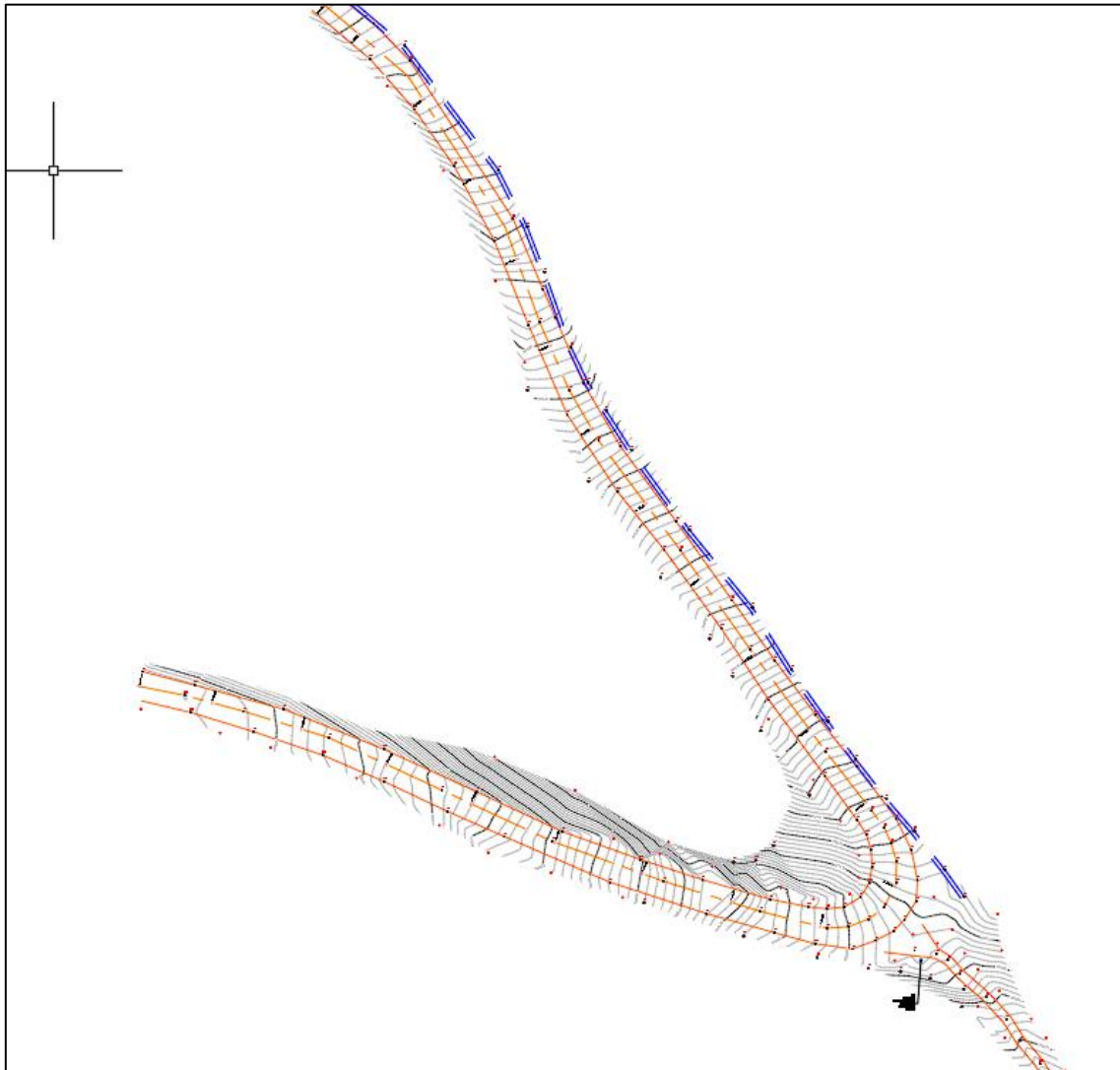


Ilustración 36. Topografía tramo 2 realizada en AutoCAD Civil 3D fuente (propia)

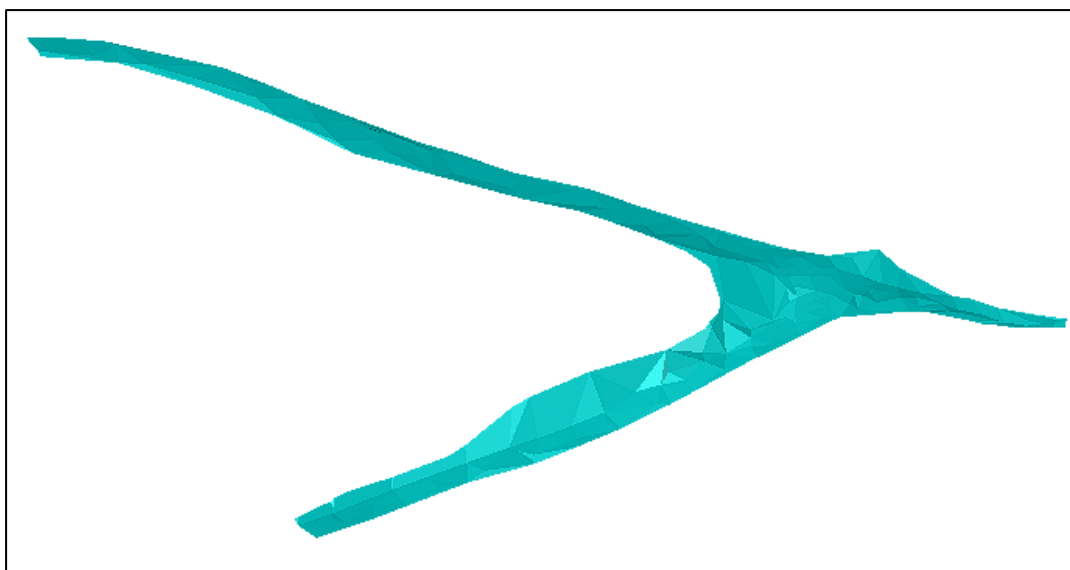
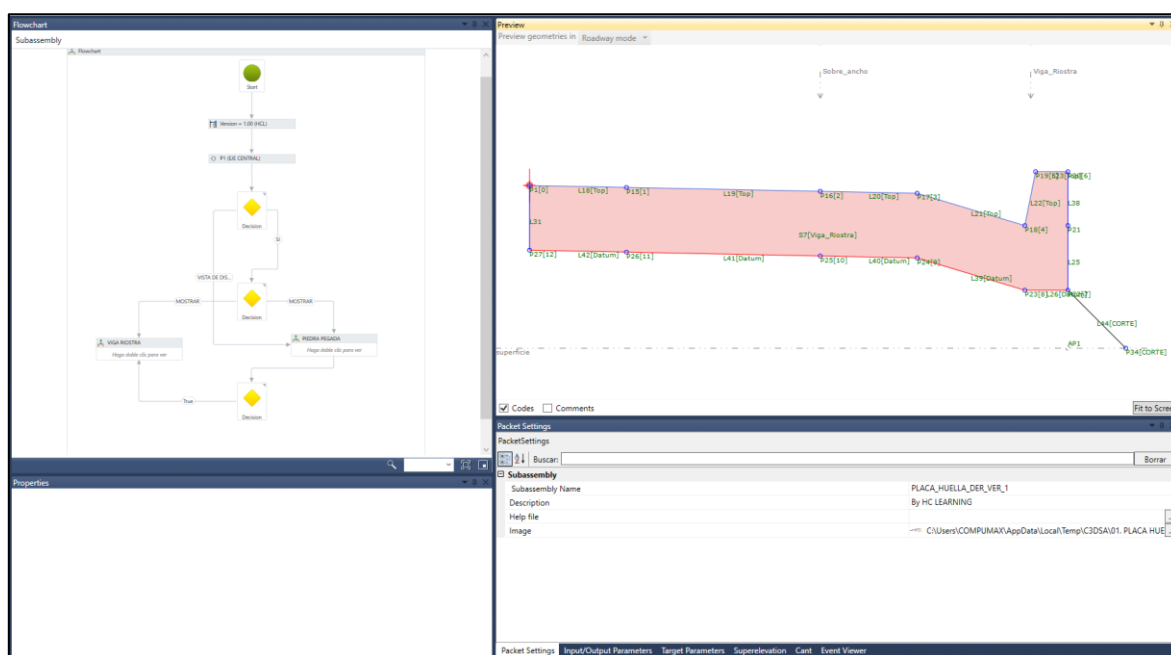


Ilustración 37. Representación 3d de superficie topográfica tramo 2 fuente (propia).

Teniendo ya establecida la topografía correspondiente al proyecto y para cada uno de los tramos se realizó la creación del trazo de la placa huella por medio de una alineación a la cual se le asignó un ensamblaje, sin embargo, para el desarrollo de la placa huella se detectó un inconveniente ya que un ensamblaje estándar no permite la creación de las vigas riostras es por esto que se hizo necesario implementar el complemento Subassembly Composer el cual permite crear ensamblajes personalizados.



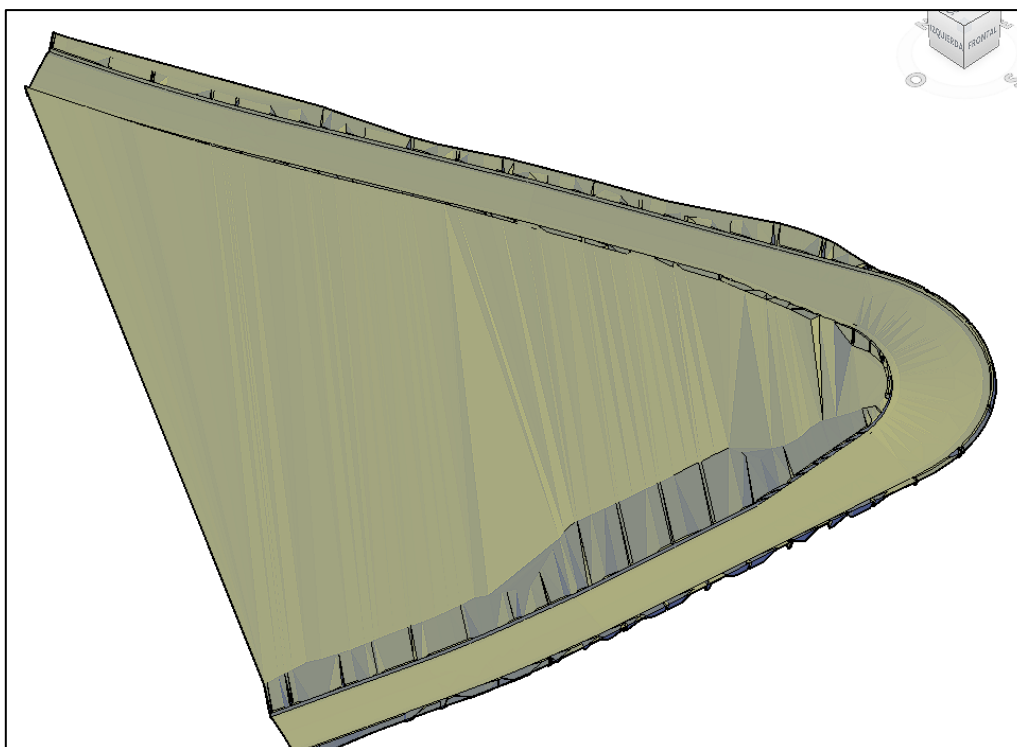


Ilustración 40. Superficie generada a partir de los ensamblajes de la vía en placa huella fuente (propia).

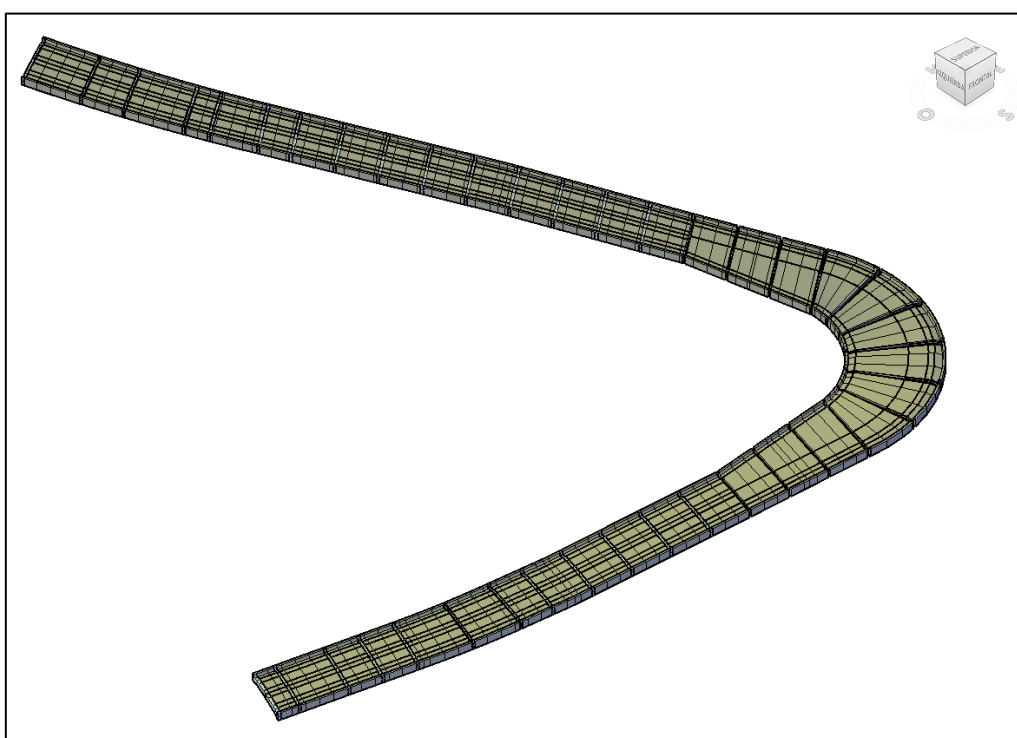


Ilustración 41. modelo tridimensional placa huella tramo 1 fuente(propia).

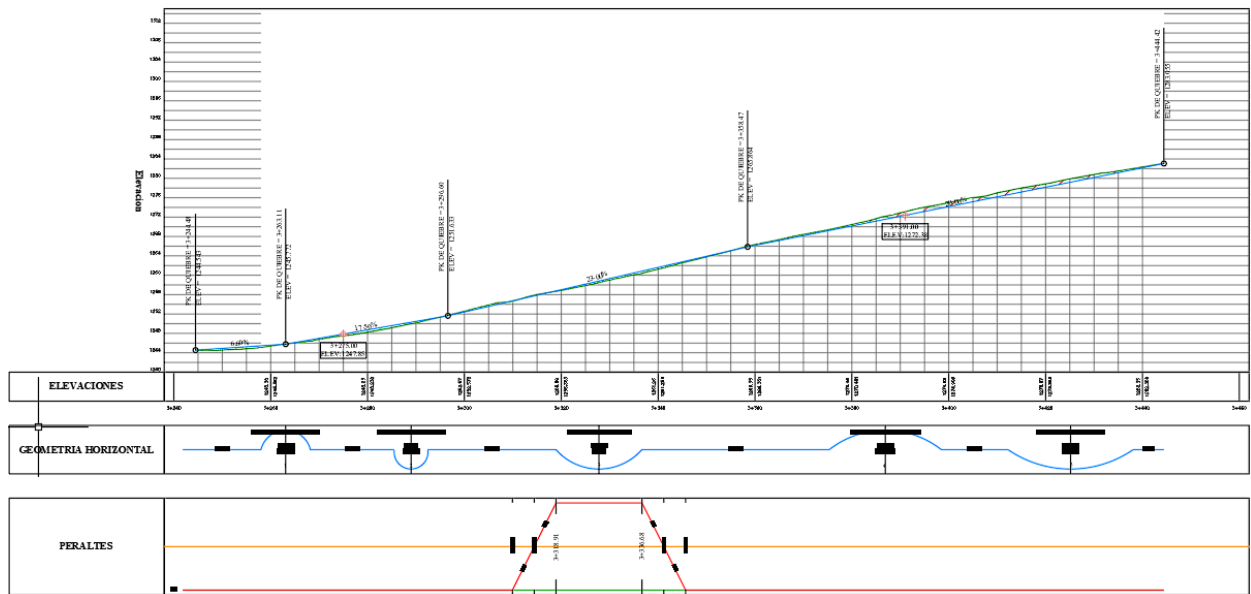


Ilustración 42. Perfil longitudinal tramo 2 fuente (propia).

5.1.7 Apoyo en planos y presentaciones.

Se realizo la creación de planos para cada uno de los tramos, detalles estructurales de la placa huella, y detalles de las obras hidráulicas.

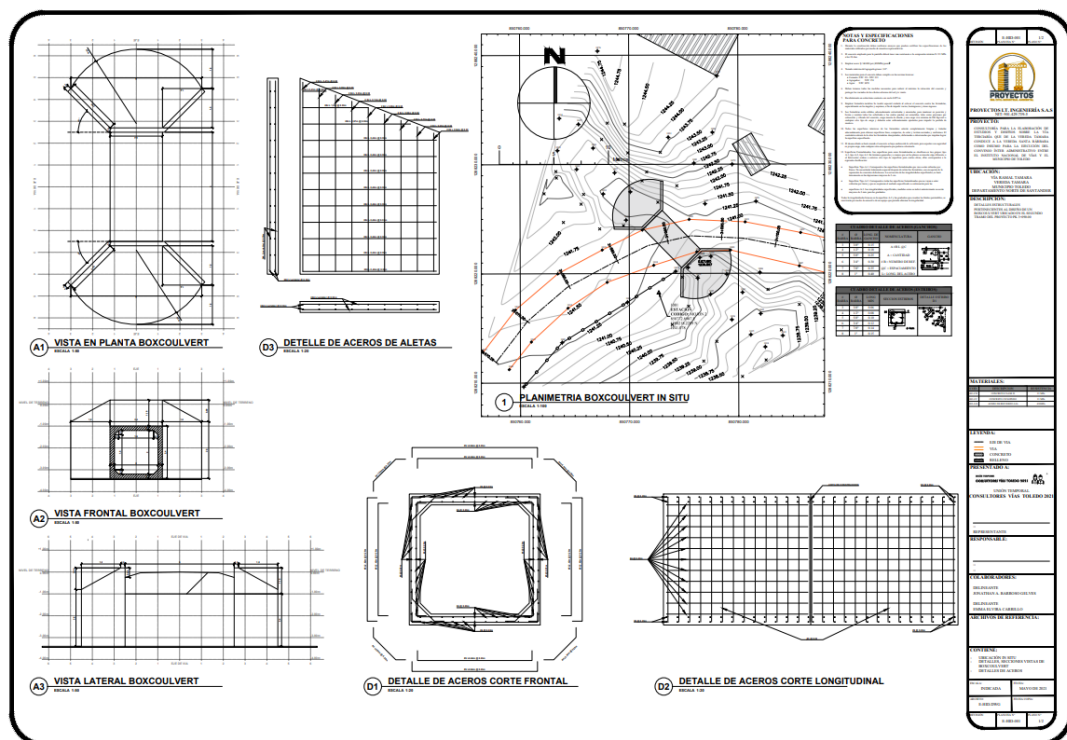


Ilustración 43. Planos estructurales de box culvert tramo 1fuente (propia).

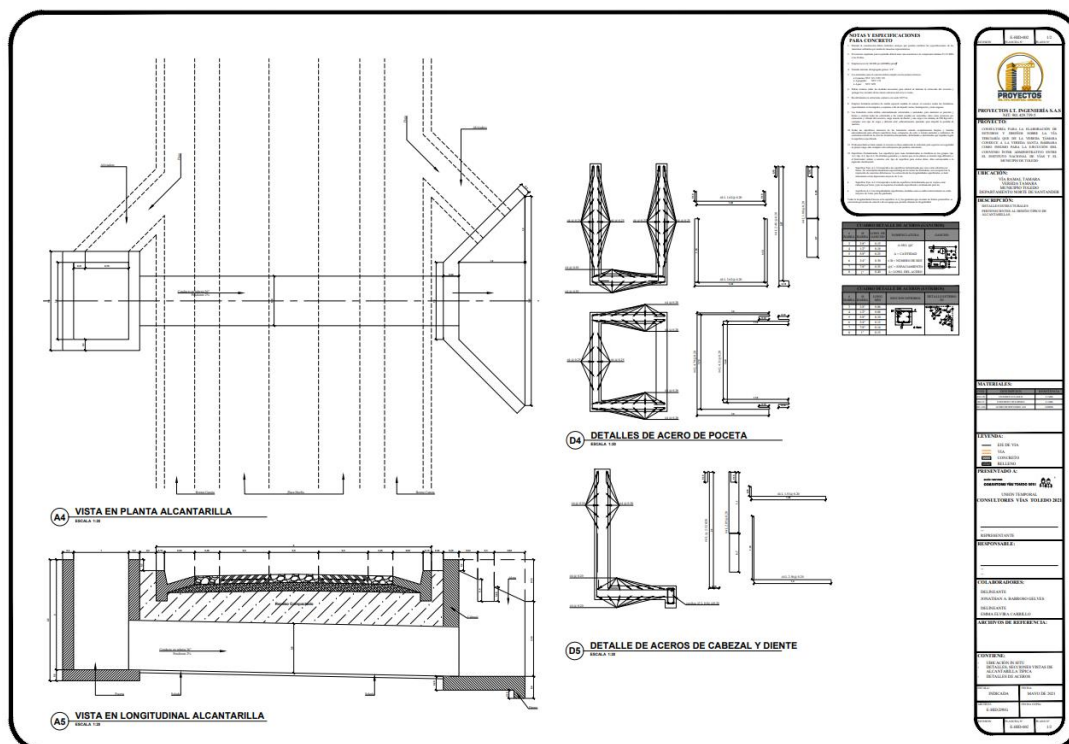


Ilustración 44. Detalle estructurales obras hidráulicas fuente (propia).

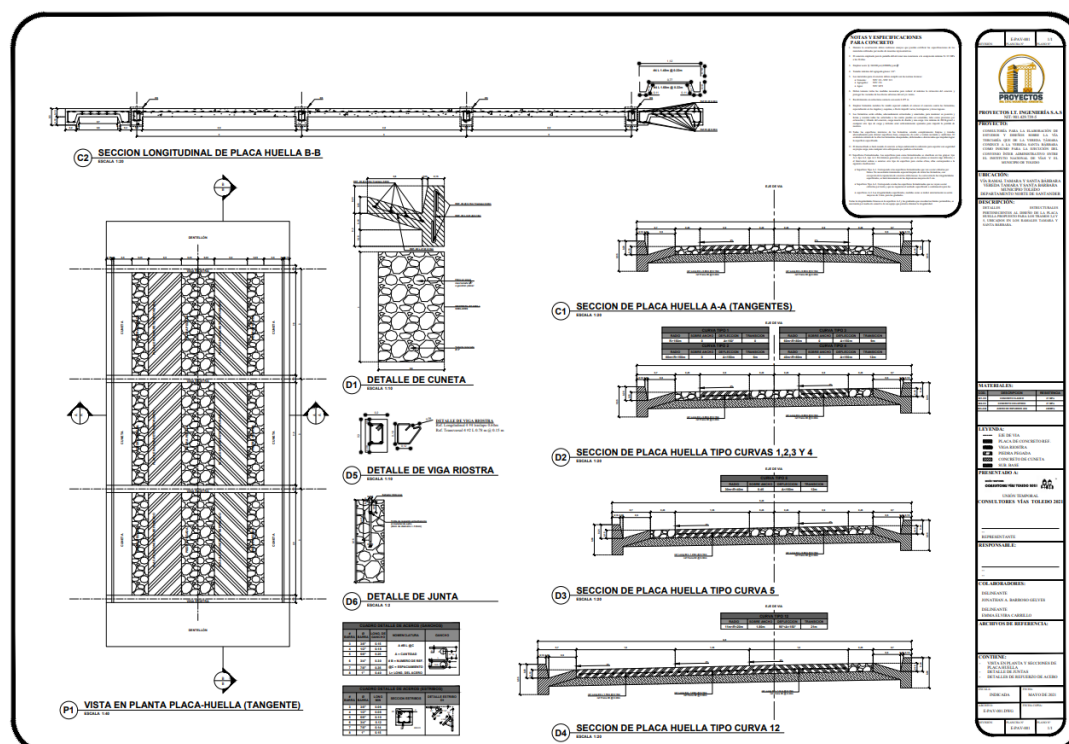


Ilustración 45. Detalles estructurales de placa-huella fuente (propia).

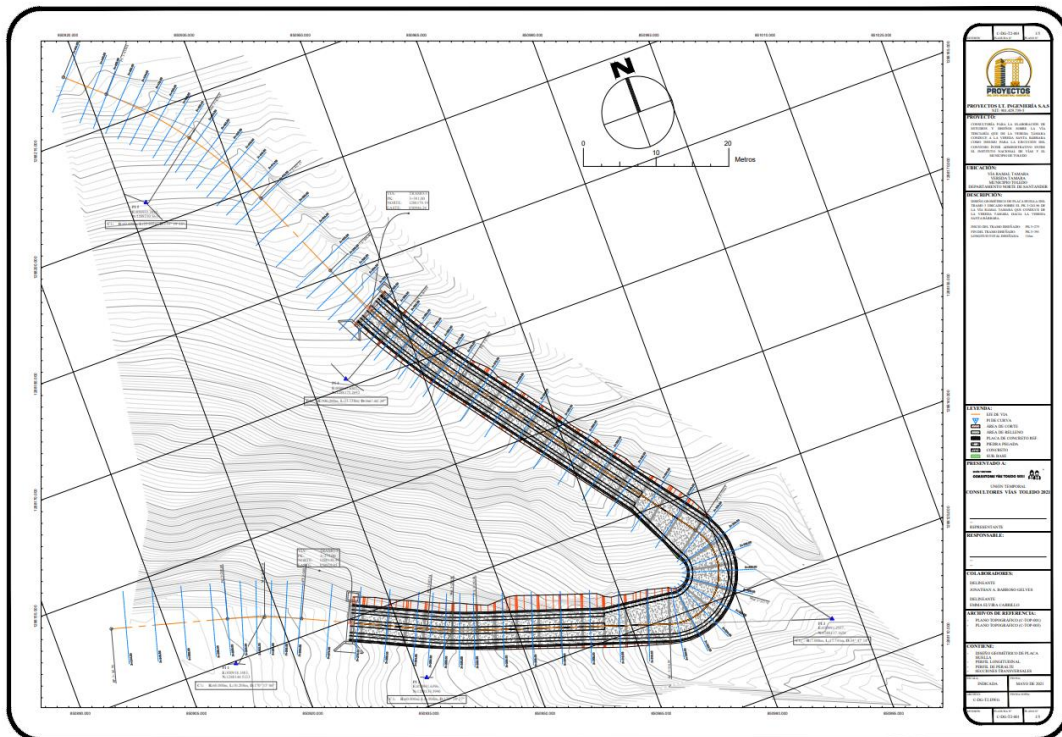


Ilustración 46. Plano geométrico tramo 1 fuente (propia).

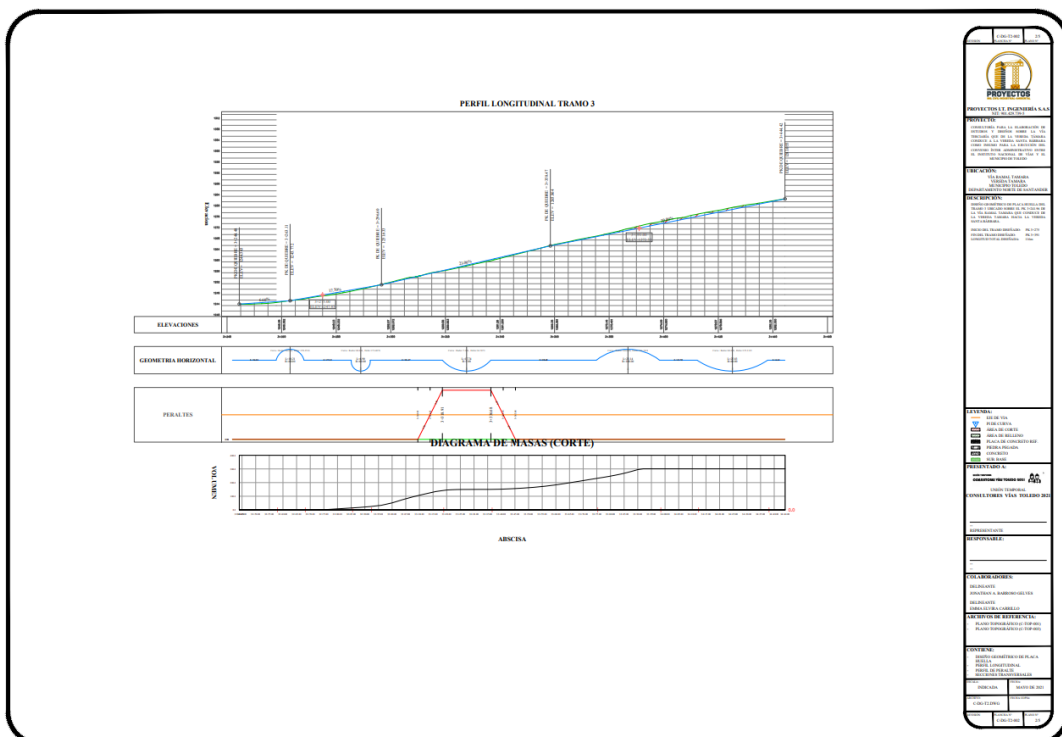


Ilustración 47. Plano de perfil longitudinal fuente (propia).

5.1.8 Brindar apoyo en las etapas de diseño, supervisión y administración, de las actividades necesarias para la correcta ejecución de las obras.

Apoyo en informes.

Se realizó la creación de varios informes en los que se detallaron todos los trabajos realizados y los requerimientos para este proyecto, en estos se incluyen, las memorias descriptivas, topográficas, los estudios geológicos, hidrológico y de tránsito, los diseños estructurales y geométricos, el plan de manejo ambiental y de tránsito.

Apoyo en cronogramas.

Con los resultados obtenidos de las extracciones de datos de los modelos tridimensionales y apoyado en el programa Project se realizó un cronograma de actividades inicial mostrado a continuación:

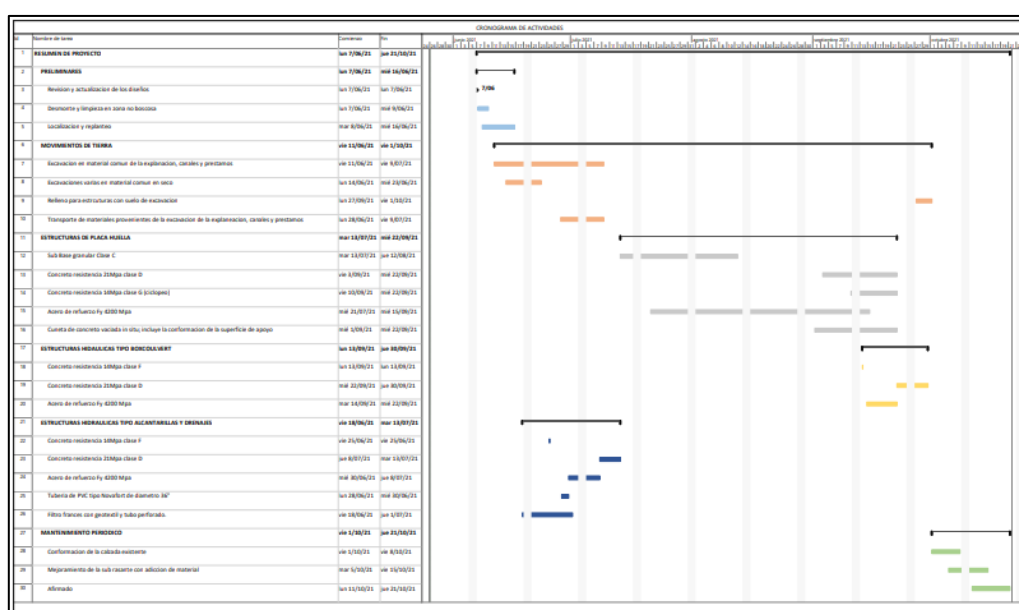


Tabla 13. Cronograma de obra propuesto

En este cronograma preliminar se estableció la fecha de inicio el 7 de julio del 2021 y se establece una fecha de entrega el 21 de diciembre del 2021, y se describen las actividades necesarias para la realización de las obras viales e hidráulicas; Posterior a esto se realizó la creación de un presupuesto resultado del trabajo previamente realizado que sirvió como base en la realización del proyecto.

5.1.9 Calcular cantidades de obra a utilizar de acuerdo a la programación y modelado realizado de cada una de las Obras.

Extracción de datos.

Por medio de los modelos paramétricos fue posible realizar una extracción de datos de cantidades para cada uno de los tramos de vía, lo que facilitó enormemente el cálculo de presupuestos y cronogramas, a continuación, se muestra el resumen de las cantidades obtenidas de esta extracción de datos.

Resumen de volúmenes tramo 2	
Tipo	Volumen m3
Corte	214.84
Relleno	7.61
Viga Riostra	11.16
Cuneta	33.99
Piedra Pegada	16.12
Placa Huella	29.16
Sub Base	56.22

Tabla 14. Volúmenes de obra tramo 2 fuente (propia).

Resumen de volúmenes tramo 3	
Tipo	Volumen m3
Corte	105.92
Relleno	1.99
Viga Riostra	7.87
Cuneta	26.47
Piedra Pegada	8.42
Placa Huella	18.97
Sub Base	38.86

Tabla 15. Volúmenes de obra tramo 3 fuente (propia).

Resumen de volúmenes tramo 4	
Tipo	Volumen m3
Corte	134.81
Relleno	0.00
Viga Riostra	6.22
Cuneta	17.52
Piedra Pegada	12.44
Placa Huella	16.39

Tabla 16. Volúmenes de obra tramo 4 fuente (propia).

Tabla 17. Ejemplo de cantidades obras hidráulicas fuente (propia).

RESUMEN DE PRESUPUESTO										
							CÓDIGO		D-PRESUPUESTO-001	
							VERSION		0.1	
							CONVENIO		2086 DE 2020	
							MUNICIPIO		TOLEDO	
DEP.		NORTE DE SANTANDER								
PRESUPUESTO										
CODIGO		CONSULTORIA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS SOBRE LA VÍA TERCERÍA QUE DE LA VEREDA TÁMARA CONDUCE A LA VEREDA SANTA BARBARA COMO INSUMO PARA LA EJECUCIÓN DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS Y EL MUNICIPIO DE TOLEDO MUNICIPIO DE PAMPLONA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER						VERSION		
DP-001								0.1		
META FISICA PROGRAMADA				Construcción de 226 ml de Placa Huella Construcción de 4 Alcanatillas Construcción de 1 Box Culvert Mantenimiento vial.		CORREDOR	XXXX	PUNTO INICIO	XXXX	
						LONGITUD	XXXX	PUNTO FINAL	XXXX	
Item	Especificaciones		DESCRIPCION			UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR	
	General	Particular								
1.0	PRELIMINARES									
1.1	200.1		Desmonte y limpieza en zona no boscosa			m2	552.80	\$ 1,943.38	\$ 1,074,300.46	
1.2		1P	Localizacion y replanteo			m2	1230.80	\$ 3,061.09	\$ 3,767,589.57	
								Sub total	\$ 4,841,890.04	
2.0	MOVIMIENTOS DE TIERRA									
2.1	210.2.2		Excavacion en material comun de la explanacion, canales y prestamos			m3	688.32	\$ 23,699.29	\$ 16,312,589.05	
2.2	600.2.3		Excavaciones varias en material comun en seco			m3	56.75	\$ 48,485.73	\$ 2,751,565.18	
2.3	600.1		Relleno para estructuras con suelo de excavación			m3	65.60	\$ 53,139.94	\$ 3,485,980.06	
2.4		900.1p	Transporte de materiales provenientes de la excavacion de la explanacion, canales y prestamos			m3	653.47	\$ 24,424.93	\$ 15,960,849.52	
								Sub total	\$ 38,510,983.81	
3.0	ESTRUCTURAS DE PLACA HUELLA									
3.1	320.3		Sub Base granular Clase C			m3	144.72	\$ 211,698.25	\$ 30,637,253.00	
3.2	630.4		Concreto resistencia 21Mpa clase D			m3	72.94	\$ 735,223.36	\$ 53,630,132.77	
3.3	630.7		Concreto resistencia 14Mpa clase G (ciclopeo)			m3	41.64	\$ 661,446.89	\$ 27,540,590.66	
3.4	640.1		Acero de refuerzo Fy 4200 Mpa			m3	13436.47	\$ 8,116.22	\$ 109,053,342.55	
3.5	671.3		Cuneta de concreto vaciada in situ; incluye la conformacion de la superficie de apoyo			m3	82.72	\$ 787,675.86	\$ 65,156,022.02	
								Sub total	\$ 286,017,341.02	
4.0	ESTRUCTURAS HIDRAULICAS TIPO BOXCULVERT									
4.1	630.6		Concreto resistencia 14Mpa clase F			m3	1.57	\$ 637,535.30	\$ 1,000,930.42	
4.2	630.4		Concreto resistencia 21Mpa clase D			m3	28.22	\$ 735,223.36	\$ 20,748,003.22	
4.3	640.1		Acero de refuerzo Fy 4200 Mpa			kg	2062.86	\$ 8,116.22	\$ 16,742,625.59	
								Sub total	\$ 38,491,559.23	
5.0	ESTRUCTURAS HIDRAULICAS TIPO ALCANTARILLAS Y DRENAJES									
5.1	630.6		Concreto resistencia 14Mpa clase F			m3	2.51	\$ 637,535.30	\$ 1,600,213.60	
5.2	630.4		Concreto resistencia 21Mpa clase D			m3	21.14	\$ 735,223.36	\$ 15,542,621.83	
5.3	640.1		Acero de refuerzo Fy 4200 Mpa			kg	1727.17	\$ 8,116.22	\$ 14,018,091.70	
5.4	663.1		Tuberia de PVC tipo Novafort de diametro 36"			ml	24.00	\$ 1,609,203.39	\$ 38,620,881.36	
5.5	674.2		Filtro frances con geotextil y tubo perforado.			ml	176.00	\$ 324,987.63	\$ 57,197,822.88	
								Sub total	\$ 126,979,631.37	
6.0	MANTENIMIENTO PERIODICO									
6.1	310.1		Conformacion de la calzada existente			m2	4750.00	\$ 1,169.09	\$ 5,553,177.50	
6.2	230.1		Mejoramiento de la sub rasante con adiccion de material			m2	4750.00	\$ 2,848.63	\$ 13,530,992.50	
6.3	311.1		Afirmado			m3	130.71	\$ 43,712.32	\$ 5,713,705.50	
								Sub total	\$ 24,797,875.50	
COSTO TOTAL DIRECTO								\$ 519,639,280.96		
ADMINISTRATIVOS								\$ 124,713,427.43		
IMPREVISTOS								\$ 5,196,392.81		
UTILIDAD								\$ 25,981,964.05		
COSTO TOTAL INDIRECTO								\$ 155,891,784.29		
PRESUPUESTO PMA-PAGA								\$ 16,512,838.00		
PRESUPUESTO PMT								\$ 13,149,972.64		
IMPLEMENTACION DE PROTOCOLOS DE BIOSEGURIDAD								\$ 4,806,124.10		
COSTO TOTAL DEL PROYECTO								\$ 710,000,000.00		

Tabla 18. Presupuesto inicial de obra realizado por la metodología. fuente (propia).

5.1.10 Verificar el estado y comportamiento de los cronogramas generales realizados extraídos de los métodos BIM con los obtenidos en las obras realizadas en el transcurso de la práctica empresarial.

Debido al hecho de que este proyecto fue realizado bajo una consultoría para una organización privada no se pudo realizar el debido control de cantidades, presupuesto y rendimiento, a través de visitas a la obra; sin embargo, se solicitó al contratista UNION TEMPORAL SANTA BARBARA encargado del proyecto los resultados finales correspondientes al presupuesto y cronograma real de actividades.

Seguimiento de rendimientos y cantidades.

GRANDES PARTIDAS DE PAGO (GPP)	VALOR INICIAL OBRAS PROGRAMADAS	(%) OBRAS PROGRAMADAS A	(%) RESULTADO OBRAS PROGRAMADAS A	% Pn	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	VALOR ACTUALIZADO OBRAS PROGRAMADAS	(%) ACTUALIZADO OBRAS PROGRAMADAS A	(%) RESULTADO OBRAS PROGRAMADAS A	% Pn	18/04/2022	26/04/2022	17/05/2022	2/06/2022	10/06/2022	18/06/2022	26/06/2022	4/07/2022	12/07/2022	15/07/2022	23/07/2022	31/07/2022	8/08/2022	14/08/2022	20/08/2022	26/08/2022	1/09/2022	7/09/2022	13/09/2022	
CONSTRUCCION DE PLAZA HELLALTEM 600 1 1800 4800 1500 3600 760 1 3	\$583.553.071	74.46%	0.00%	N.P			4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	4.87%	
CONSTRUCCION DE BOX COLLECTUM 600 1 1800 4800 6540 1	\$80.974.258	7.78%	0.00%	N.P																				
CONSTRUCCION DE ALCAANTALAS 1 1800 4800 65 81 1640 1	\$92.708.790	11.83%	0.00%	N.P			1.60%	1.60%	1.60%															
TRANSPORTE/ITEM	\$10.090.008	1.36%	0.00%	N.P			0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	0.44%	
REALIZACION Y SEGURIDAD/ITEM 720	\$1.685.600	0.22%	0.00%	N.P																				
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PERIODICIDAD 315 10310 1	\$33.908.400	4.33%	0.00%	N.P			0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	0.40%	
GPP1																								
GPP8																								
TOTAL OTROS ITEMS																								
VALOR BASICO DE OBRA (A1)	\$11.580.722.06																							

Tabla 19. Programación de obra fuente (UNION TEMPORAL SANTA BARBARA).

Como se muestra en la programación actualizada de la obra las construcciones dieron inicio el 16 de abril del 2022, presentándose una suspensión entre el 17 de mayo y el 2 de junio del 2022 lo que indica un retraso acumulado de la obra de 244 días según lo planteado en el cronograma inicial, según lo comentado por la UNION TEMPORAL SANTA BARBARA los retrasos se dieron a causa de las fuerte temporada de lluvias presentada en esas fechas que afecto al municipio de Toledo de manera significativa; a pesar de esto como se puede observar los tiempos trabajados se asemejan en gran medida a lo planteado inicialmente.

Tabla 20. Comparativa de presupuestos inicial y actualizado fuente (UNION TEMPORAL SANTA BARBARA).

pág. 65



Ilustración 48. Placa huella finalizada tramo 1. fuente (propia).



Ilustración 49. Placa huella finalizada tramo 1. fuente (propia).



Ilustración 50. Box culvert finalizado tramo 1. fuente (propia).

5.1.11 Análisis.

Se determinaron como principales falencias la falta de canales adecuados de comunicación, y desorganización de la información en todos los proyectos, esto se traducía en retrasos y sobrecostos en todas las etapas.

Se logro establecer estándares en el manejo de la información y procesos que se aplicaron con éxito por parte de todos los integrantes del grupo de trabajo, estableciendo desde el inicio aquellos programas que serían usados, los procesos y requerimientos propios del proyecto, socializados mediante reuniones virtuales.

De acuerdo con los estudios de geotecnia, topografía, hidrología y tránsito, se estableció que la propuesta de implementación de una placa huella que conecte las veredas Tamara y Santa Barbara es adecuada y cumple con lo establecido en las normativas y guías del INVIAS.

Se crearon correctamente los modelos paramétricos para 226.00 m lineales de placa huella correspondientes a cada uno de los tramos de intervención para los cuales fue necesario desarrollar ensamblajes que en conjunto con los perfiles y alineaciones permitieron la creación de obras lineales las cuales son modelos tridimensionales de los que se extrajo información. En línea con lo anterior se puede afirmar que los modelos paramétricos creados permiten la extracción de volúmenes pertenecientes a los tramos de placa huella diseñados.

Durante la comparativa entre los resultados obtenidos de la metodología BIM y aquellos resultantes de la construcción se observó un desfase presupuestal de \$100'000.000 (cien millones de pesos), esto debido a un cambio en la elección de la cantera lo que inevitablemente se traduce en un aumento de los costes de transportes y acarreo de materiales pétreos.

Se observo la presencia de un retraso acumulado en los tiempos proyectados de 244 días debido al inicio tardío de las obras y la suspensión temporal entre el 17 de mayo y el 2 de

junio del 2022 debido a la presencia de fuertes lluvias que afectaron todo el municipio de Toledo, Norte de Santander.

De acuerdo con lo anterior se puede observar que los costes estimados y el cronograma generado por las metodologías BIM fueron semejantes a las ejecutados por la constructora, aunque se presentara un desfase entre los mismos.

5.2 Proyecto 2: “Diseños estructurales para IE SANTA CECILIA SEDE LA BARTOLA”.

5.2.1 Generalidades del proyecto.

La edificación IE Santa Cecilia sede La Bartola cuenta con una longitud en planta de 29.53 metros y 19.58 metros de anchura, con una altura de cubierta variable a 5.08 y 8.53 metros respectivos al nivel del terreno según su fachada.

Verticalmente este edificio se divide en dos niveles principales, un primer nivel situado a la cota relativa 1.63 donde se ubican: aulas nivel preescolar, aulas nivel básica y media, baños, administración, espacio de recreación, cuarto sanitario y cuarto eléctrico, cocina y restaurante escolar. El segundo nivel, situado a la cota 5.08, se ubican las aulas de nivel básico y medio, aula polivalente y baños. Finalmente se dispone de una cubierta, la cual cuenta con cierta pendiente por lo que las cotas de la misma varían.

5.2.2 Alcance del proyecto.

Este proyecto contempla la propuesta, conceptos y verificaciones correspondientes a al diseño estructural de la IE realizada como sub contrato de los estudios y diseños de esta institución, por ende, no se presentarán los procesos y resultados correspondientes a otras áreas diferentes a lo estructural.

5.2.3 Realizar los modelos paramétricos.

organización de la información.

Para el presente proyecto se partió de información suministrada de otras áreas como lo es geotecnia y arquitectura, y de la cual se mostrará a continuación un breve resumen de los resultados obtenidos por estas áreas.

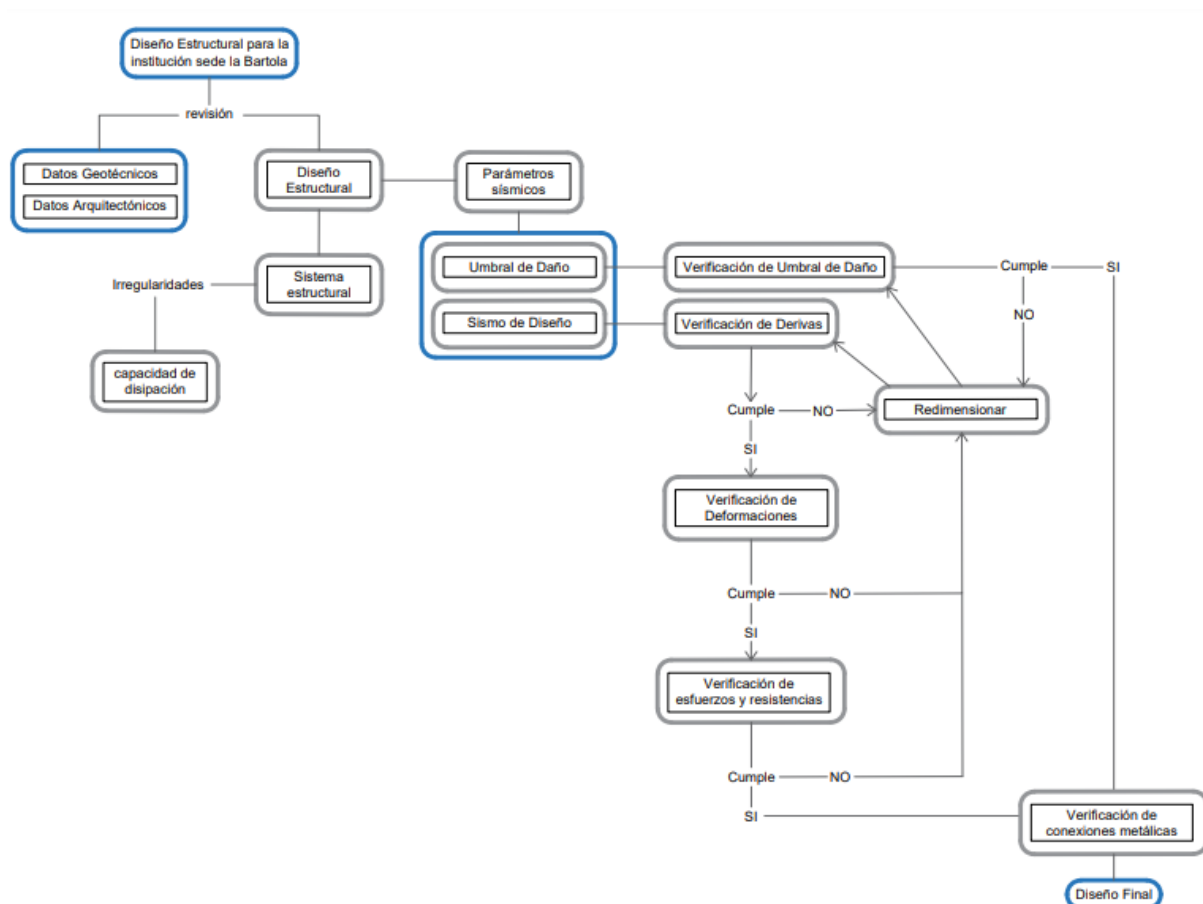


Ilustración 51. Proceso metodológico para el diseño de la propuesta IE LA BARTOLA. (Fuente propia).

La ilustración 45 muestra el proceso realizado durante el desarrollo del proyecto en el cual se desarrolló únicamente los diseños estructurales correspondientes.

Estudio Geotécnico.

Los estudios geotécnicos se realizaron por medio de SPT de los cuales se obtuvieron los siguientes parámetros:

PARAMETRO	RESULTADOS
CONTENIDO DE HUMEDAD	24.6% - 33.33%
LIMITE LIQUIDO	29% - 37%
LIMITE PLASTICO	24% - 28%
%PASA TAMIZ #200	81%.
CLASIFICACION S.U.C.	ML, CL, CL-ML
PESO UNITARIO	19.2 kN/m3
ANGULO DE FRICCION INTERNA	5.00 KPa
COHESION EFECTIVA	19 °
MODULO DE ESFUERZO - DEFORMACION	3000 KPa
CARGA ADMISIBLE	50.9 KPa

Tabla 21. Parámetros Geotécnicos. (Fuente propia).

La cimentación recomendada para este proyecto consiste en implementar zapatas aisladas a una profundidad de desplante de 2.00 m. con un mejoramiento de suelo según lo indique el ingeniero geotecnia.

Diseño Arquitectónico.

La edificación planteada consiste en un diseño palafítico esto significa que es una edificación sostenida sobre pilares de concreto elevados del nivel de terreno de tal manera que brinde comodidad y seguridad ante inundaciones propias de la zona; este proyecto fue planteado como una estructura liviana compuesta de láminas de madera plástica denominadas WPC, dispuestas a lo largo de los dos niveles de la edificación.

Desde el área de arquitectura se obtuvo un diseño preliminar realizado con el software Revit, el cual contiene los datos propios para las creaciones de vínculos que permitan un fácil y rápido entendimiento.

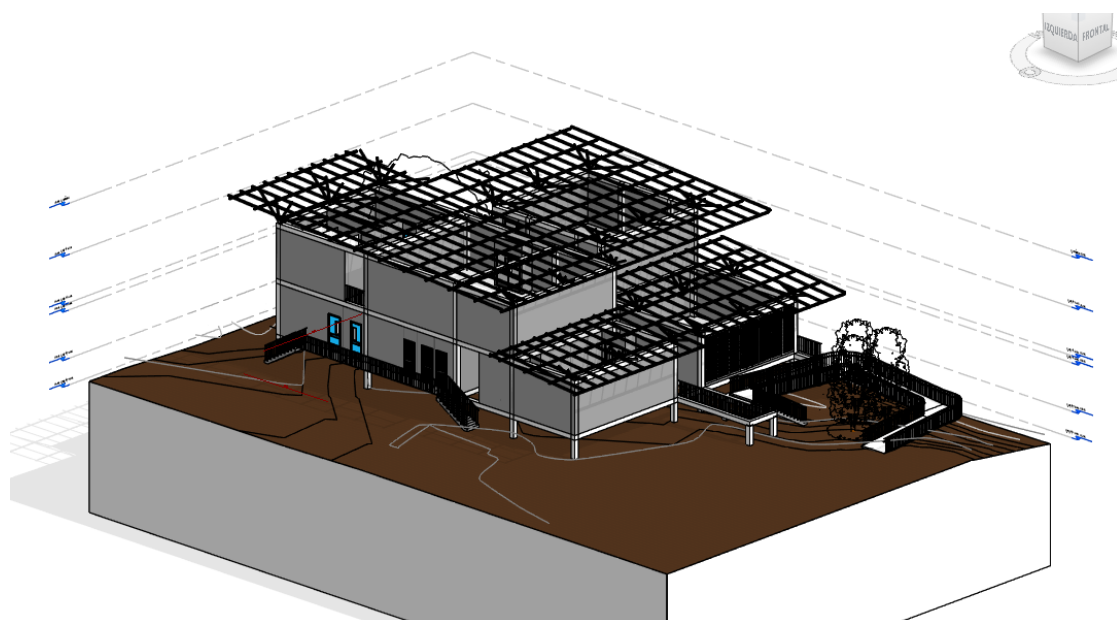


Ilustración 52. Modelo arquitectónico de la I.E. Sede la Bartola. (Fuente propia).

Diseño estructural.

Con los datos suministrados de las áreas de arquitectura y geotecnia se procedió a planificar la estructura que dé solución a este proyecto, para esto se planteó un sistema de pórticos resistentes y no resistentes a momentos en las dos direcciones en estructura metálica, estructura de hormigón para pilares y cimentación y placa en lamina colaborante para paneles de entrepiso específicamente para zonas de baños, cuarto sanitario, cuarto eléctrico, cocina y comedor. Por ubicarse la estructura en una zona clasificado como de alta sismicidad, todos los elementos estructurales serán dotados de una capacidad de disipación especial de energía (DES) tal y como obliga NSR-10 en su capítulo A.3, además según lo establecido en el capítulo A.3.4.2.2 se realizará un análisis por el método Dinámico elástico debido al tipo edificación.

Por su parte la modelación de los elementos metálicos se realizará teniendo en cuenta un sistema de pórticos no arriostrados especiales (SMF) según lo establecido en la norma ANSI-AISC 360-16, además se realizará su análisis por medio del método de análisis directo. La estructura proyectada se clasifica dentro del grupo III según el Reglamento NSR-10, ya que se trata de una edificación indispensable y de atención a la comunidad.

Para este diseño estructural y debido a la irregularidad presentada se definieron tres módulos estructurales unidos mediante juntas para los cuales continuación, se muestran los parámetros de diseño implementados durante el desarrollo de este proyecto:

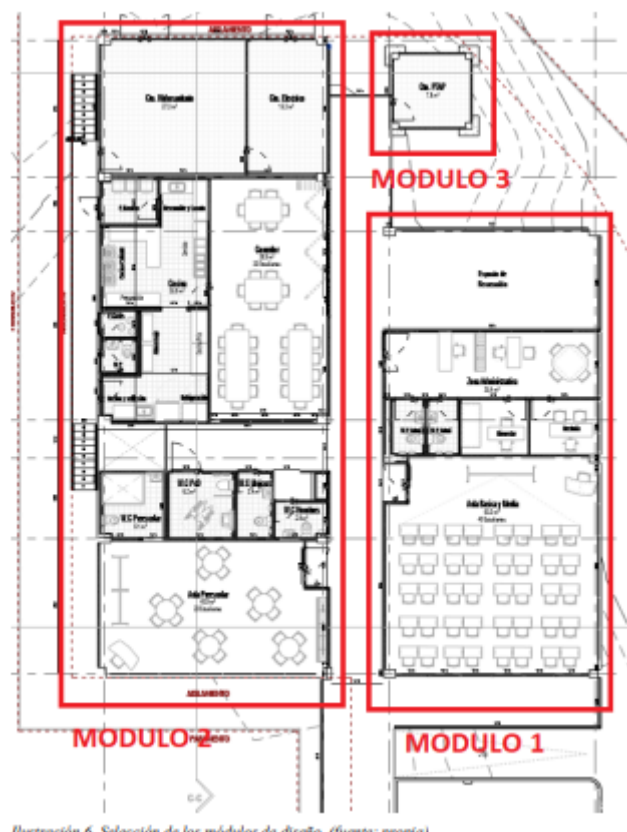


Ilustración 53. Designación de módulos estructurales. fuente (propia).

CARGAS MUERTAS CONSIDERADAS	CARGA
CARGAS DE PISO EN LAMINA WPC	(KN/m2)
Sistema WPC	0.16
CARGAS DE PISO LOSA ALIGERADA	(KN/m2)
losa aligerada en lamina colaborante Steel deck	3.60
Acabados y afinado de pisos	1.50
CARGA DE FACHADA	(KN/m)
Muro en partición liviana	1.17
CARGAS DE CUBIERTA.	(KN/m2)
Teja	0.30
Paneles solares	0.10
Ductos	0.1

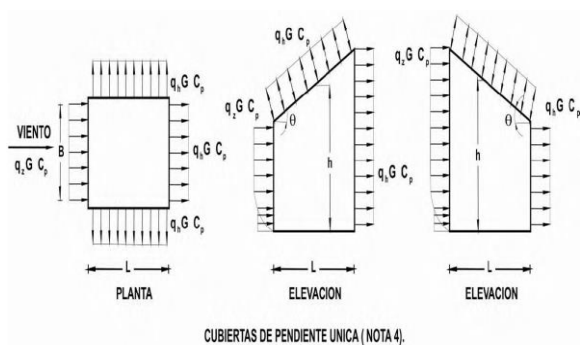
Tabla 22. Cargas muertas de diseño fuente (propia).

CARGAS VIVAS CONSIDERADAS	CARGA (KN/m2)
CARGAS DE PISO	(KN/m2)
Uso educativo Salones de clase	2.00

Corredores, Rampas y escalera	5.00
CARGAS DE CUBIERTA	(KN/m²)
Cargas para cubierta	0.50

Tabla 23. Cargas vivas de diseño fuente (propia).

FUERZAS DE VIENTO EN EDIFICIOS RÍGIDOS CERRADOS			
DATOS DE ENTORNO			
Región	1	z	5,40
V (m/s)	17,00	I (m)	152,40
K _d	0,85	E	0,20
Grupo de uso	IV	L _z (m)	134,73
I	1,15	B _x (m)	25,00
Rugosidad	Terreno C	B _y (m)	18,00
Exposición	C	Q _x	0,89
Z (m)	9,00	Q _y	0,90
α	9,50	c	0,20
Z _g (m)	274,30	I _z	0,22
K _z	0,98	G _x	0,87
K _{zt}	1,00	G _y	0,87
Zmin	4,50	q _z (kN/m ²)	0,17



COEFICIENTE DE PRESIÓN EN MUROS			COEFICIENTE DE PRESIÓN EN CUBIERTAS		
L/B para viento en X	0,72		h/L para viento en X	0,50	θ
L/B para viento en Y	1,39		h/L para viento en y	0,36	<5°
Elemento	C _p (Wx)	C _p (Wy)	dx (m)	18,00	
Muro en barlovento	0,80	0,80	dy (m)	25,00	
Muro en sotavento	-0,50	-0,42	Elemento	C _p (Wx)	C _p (Wy)
Muros laterales	-0,70	-0,70	Cubierta	-0,30	-0,30

CARGA DE VIENTO DE DISEÑO EN MUROS			CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO EN CUBIERTAS		
Elemento	q (Wx) [kN/m ²]	q (Wy) [kN/m ²]	Elemento	q (Wx) [kN/m ²]	q (Wy) [kN/m ²]
Muro en barlovento	0,12	0,12	Cubierta	-0,04	-0,04
Muro en sotavento	-0,07	-0,06	Presión mínima (B.6.4.2.2.1)	-0,40	-0,40
Muros laterales	-0,10	-0,10	Presión de diseño	-0,40	-0,40

Tabla 24. Cargas de viento fuente (propia).

Debido al grupo que pertenece la edificación esta debe diseñarse teniendo en cuenta un sismo de diseño y un sismo de umbral de daños, tal como se establece en la NRS-10, estos se realizaron teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

Grupo de uso	Coef. De importancia	Clasificación del suelo	Aa	Av	Ae	Ad	Amenaza sísmica	Fa	Fv
III	1.25	E	0.40	0.35	0.16	0.10	alta	0.90	2.60

Tabla 25. Parámetros sísmicos.

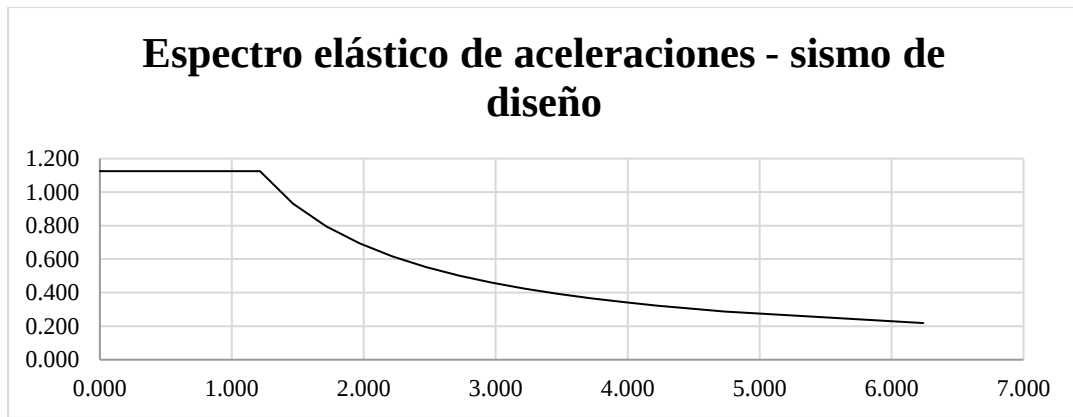


Ilustración 54. Espectro elástico de aceleraciones para sismo de diseño fuente(propia).

Como menciona la normativa los movimientos sísmicos de umbral de daño determinan la operatividad de la edificación posterior a la ocurrencia de un sismo con una probabilidad del 80% de ser excedido en un lapso de 50 años lo que produce un periodo de retorno de 31 años, y el cual se identifica con un sismo de intensidad baja el cual no debe de producir daños.

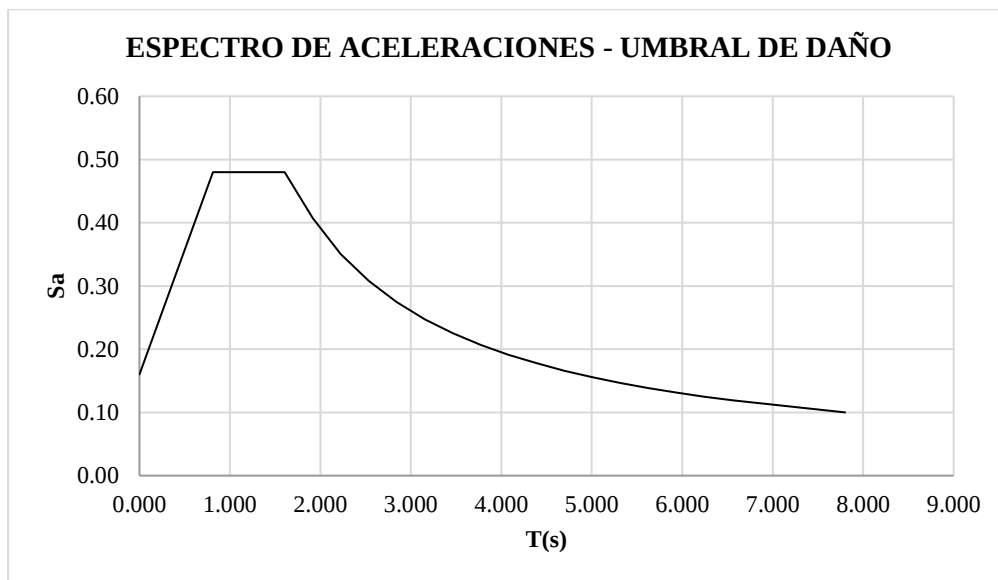


Ilustración 55. Espectro elástico de aceleraciones para sismo de umbral de daños fuente(propia).

Continuando se realizo el proceso de verificación de irregularidades mostrado a continuación de manera resumida.

RESUMEN DE IRREGULARIDADES		MODULO 1		MODULO 2		MODULO 3	
IRREGULARIDADES EN ALTURA		APLICA	ϕ	APLICA	ϕ	APLICA	ϕ
1aA	PISO FLEXIBLE	NO	1	NO	1	NO	1
1aB	PISO FLEXIBLE EXTREMO	NO	1	NO	1	NO	1
2A	DISTRIBUCION DE MASA	NO	1	NO	1	NO	1
3A	GEOMETRICA	SI	0.9	NO	1	NO	1
4A	DESPLAZAMIENTO DENTRO DEL PLANO DE ACCION	NO	1	NO	1	NO	1
5aA	PISO DEBIL	NO	1	NO	1	NO	1
5aB	PISO DEBIL EXTREMO	NO	1	NO	1	NO	1
ϕ_a		0.9		1		1	
IRREGULARIDADES EN PLANTA		APLICA	ϕ	APLICA	ϕ	APLICA	ϕ
1aP	IIRREGULARIDAD TORCIONAL	SI	0.9	SI	0.9	NO	1
1bP	IIRREGULARIDAD TORCIONAL EXTREMA	NO	1	NO	1	NO	1
2P	RETROCESOS EXCESIVOS EN LAS ESQUINAS	NO	1	NO	1	NO	1
3P	DISCONTINUIDADES EN EL DIAFRAGMA	NO	1	NO	1	NO	1
4P	DESPLAZAMIENTO DEL PLANO DE ACCION DE ELEMENTOS VERTICALES	NO	1	NO	1	NO	1
5P	SISTEMAS NO PARALELOS	NO	1	NO	1	NO	1
Φ_p		0.9		0.9		1	

Tabla 26. Verificación de irregularidades en planta. fuente(propia).

FACTOR DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA MODELO 1			
ϕ_a	0.90	R_0	7.00
ϕ_p	1.00	Ω_0	3.00
ϕ_r	0.75	R	4.2525

Tabla 27. capacidad de disipación de energía modulo 1 fuente(propia).

FACTOR DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA MODELO 2			
ϕ_a	1.00	R_0	7.50
ϕ_p	0.90	Ω_0	3.00
ϕ_r	0.75	R	4.725

Tabla 28. capacidad de disipación de energía modulo 2 fuente(propia).

FACTOR DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA MODELO 3			
ϕ_a	1.00	R_0	7.50
ϕ_p	1.00	Ω_0	3.00
ϕ_r	0.75	R	5.250

Tabla 29. capacidad de disipación de energía modulo 3 fuente(propia).

Creación de modelos paramétricos.

Una vez se ha establecido todos los parámetros se procedió a realizar la modelación de la estructura en el programa SAP2000 v.21 utilizando la geometría propuesta del modelo arquitectónico, esto se realizó para cada módulo planteado.

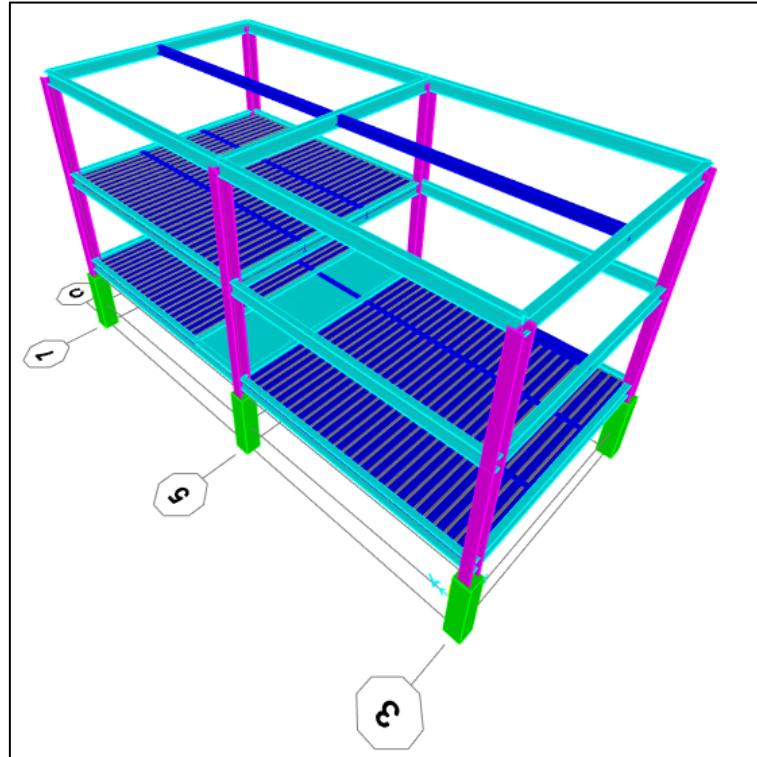


Ilustración 56. Modelo SAP 2000 modulo 1 fuente(propia).

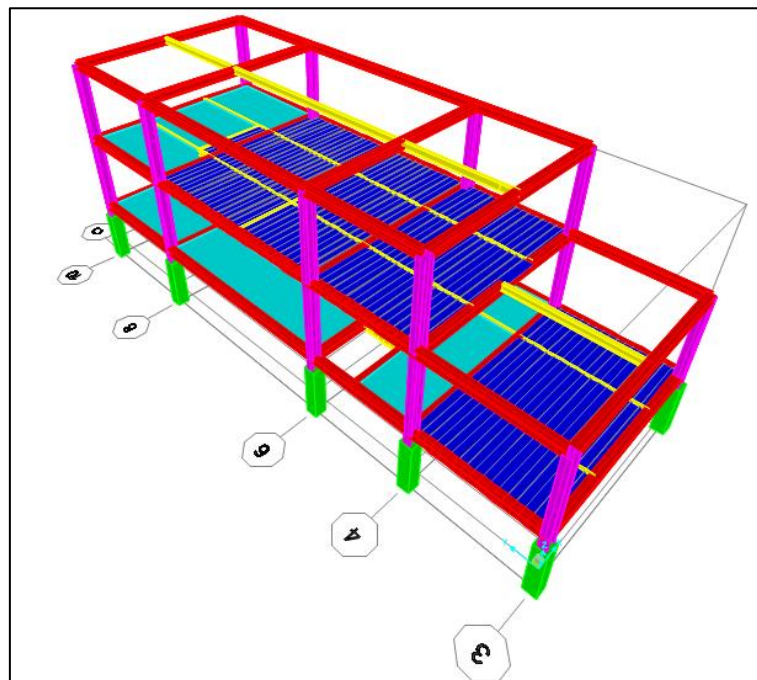


Ilustración 57. Modelo SAP 2000 modulo 2 fuente(propia).

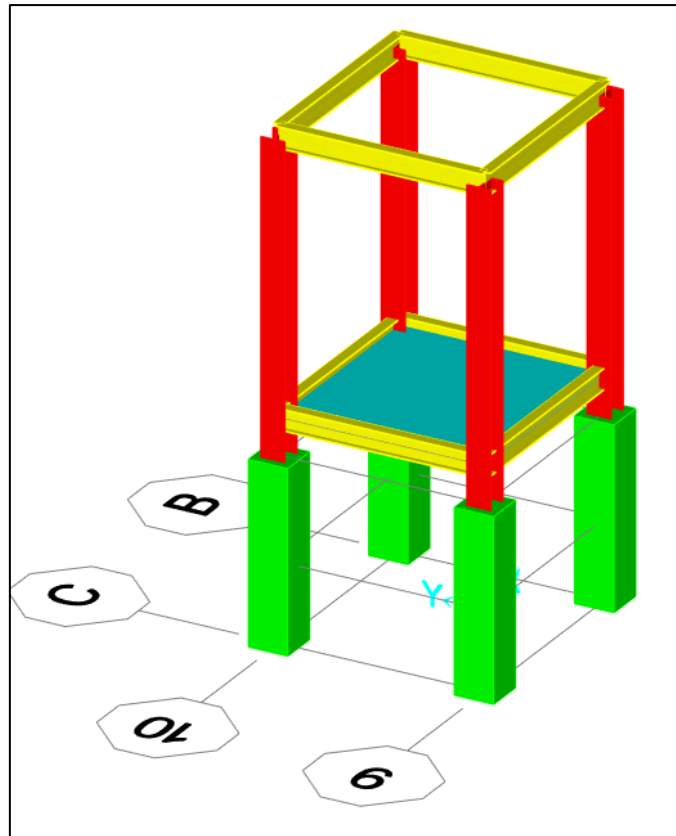


Ilustración 58. Modelo SAP 2000 modulo 3 fuente(propia).

A partir de estos modelos pudieron realizarse las verificaciones de derivas, deformaciones y se realizaron los respectivos cálculos de resistencia permitiendo establecer finalmente una estructura que cumpliera a cabalidad la normativa.

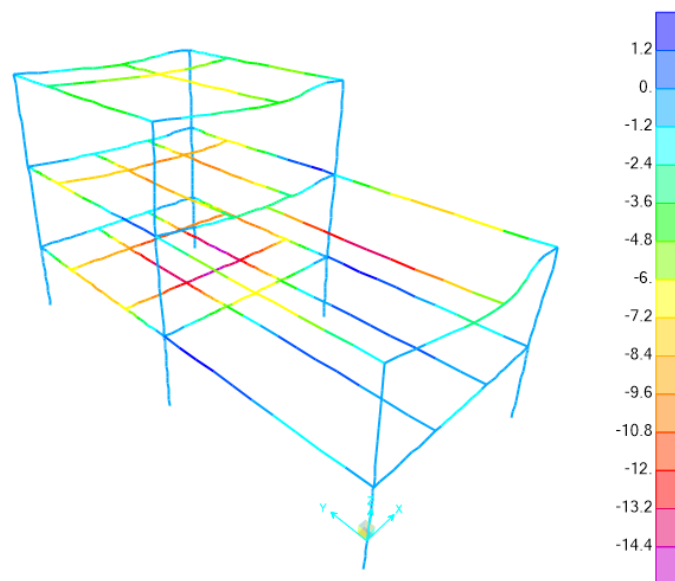


Ilustración 59. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 1 SER-08 [mm] (fuente: propia).

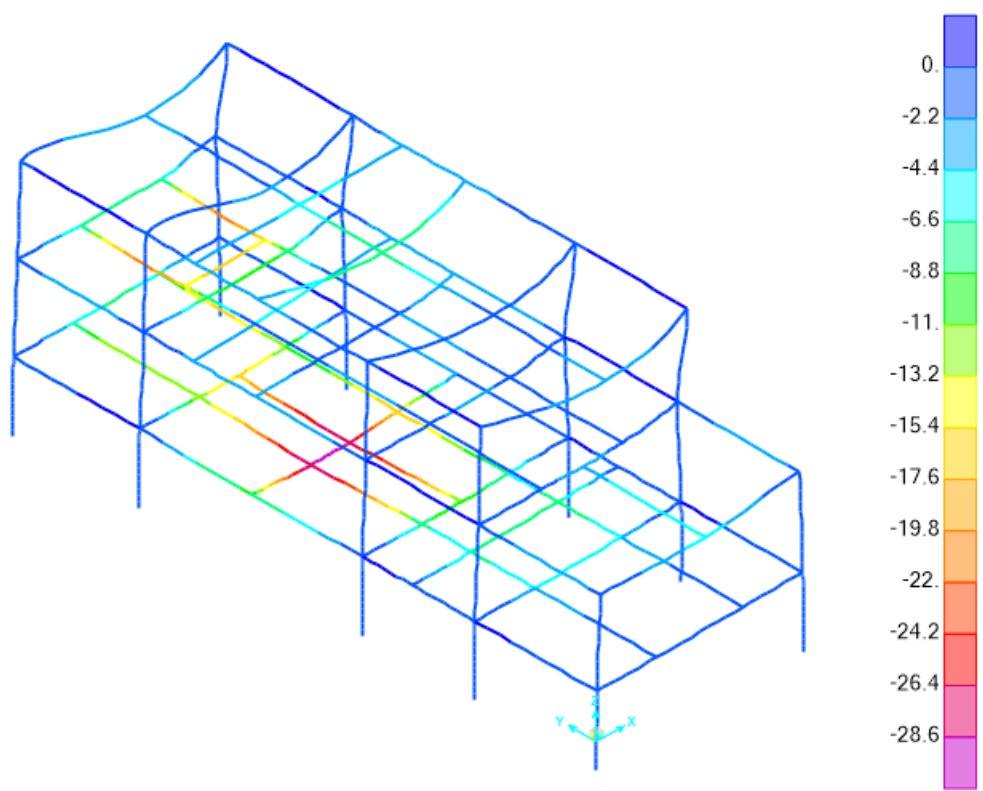


Ilustración 60. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 3 SER-10 modulo 1[mm]
(fuente: propia).

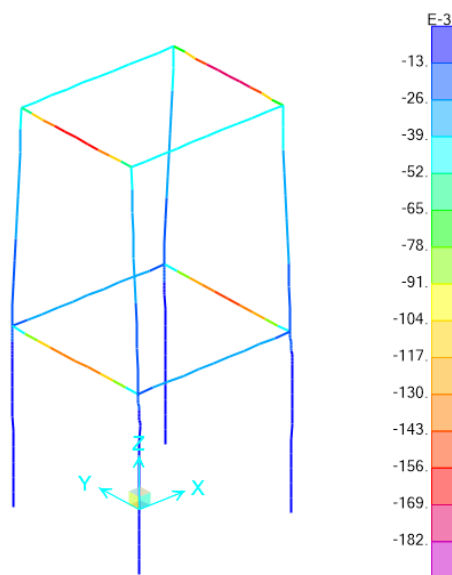


Ilustración 61. Deformada para la combinación más desfavorable modulo 3 SER-10 modulo 1[mm]
(fuente: propia).

Una vez terminados los cálculos y ya obtenidos los resultados correspondientes a las verificaciones de resistencia finales se procedió a la realización del modelo estructural en Revit del proyecto para esto se estableció un vínculo con el modelo arquitectónico que permitiera realizar el modelado de los elementos estructurales encajando de manera precisa y generando restricciones en caso de modificaciones.

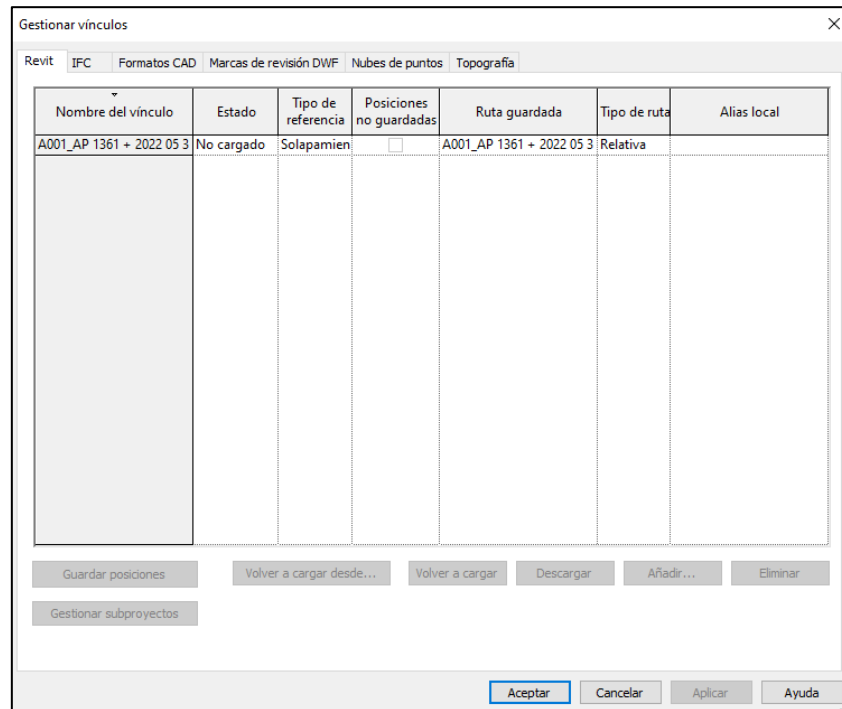


Ilustración 62. Vinculación de modelos arquitectónicos y estructurales. (fuente: propia).

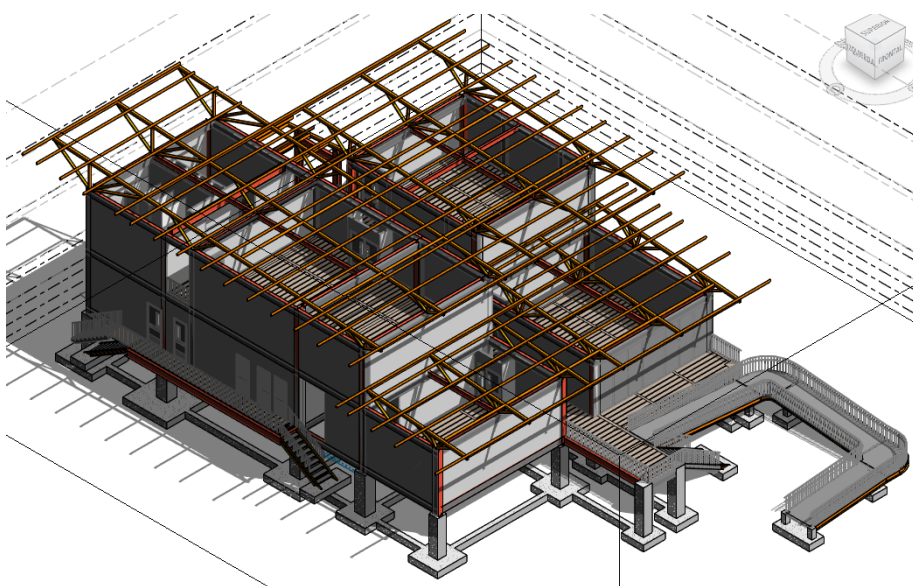


Ilustración 63. Isometría de modelos vinculados. (fuente: propia).

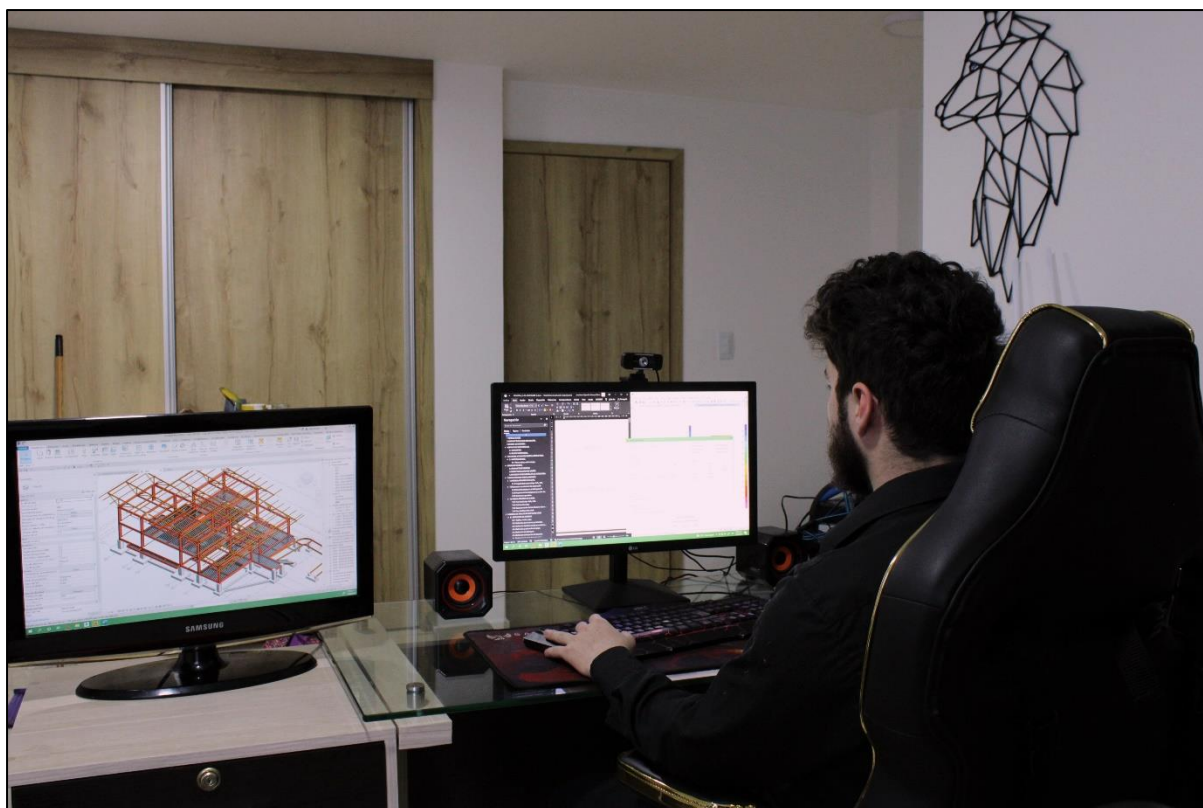


Ilustración 64. Evidencia de trabajo. (fuente: propia).

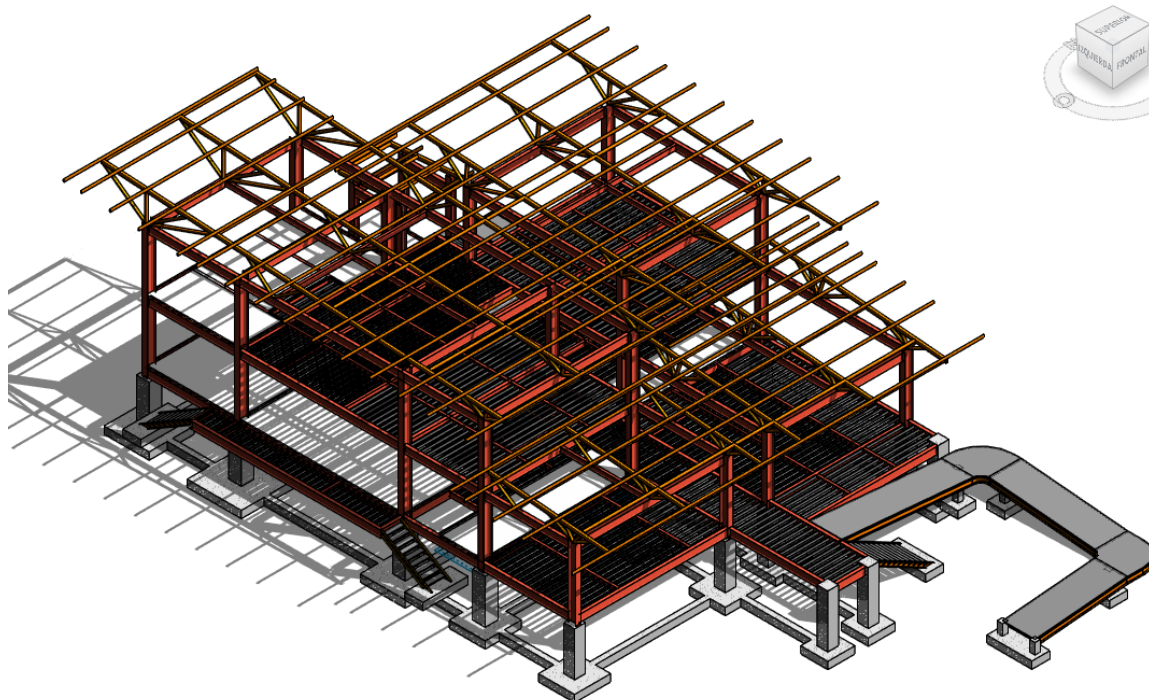


Ilustración 65. Modelo estructural finalizado. (fuente: propia).

Una vez finalizados los modelos generales se realizó los cálculos, diseños y verificaciones para las conexiones metálicas, esto se realizó en apoyo del ingeniero calculista encargado y utilizando el software IDEA STATICA, el cual se enlazo a través de la geometría modelada en Revit.

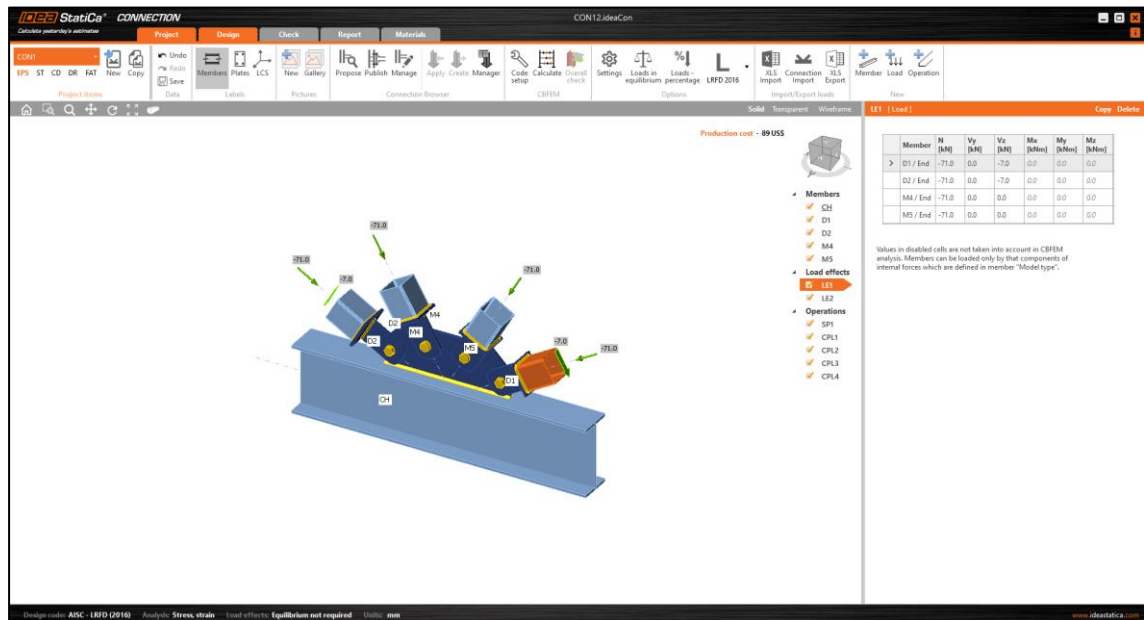


Ilustración 66. ejemplo de conexión realizada con IDEA STATICA. (fuente: propia).

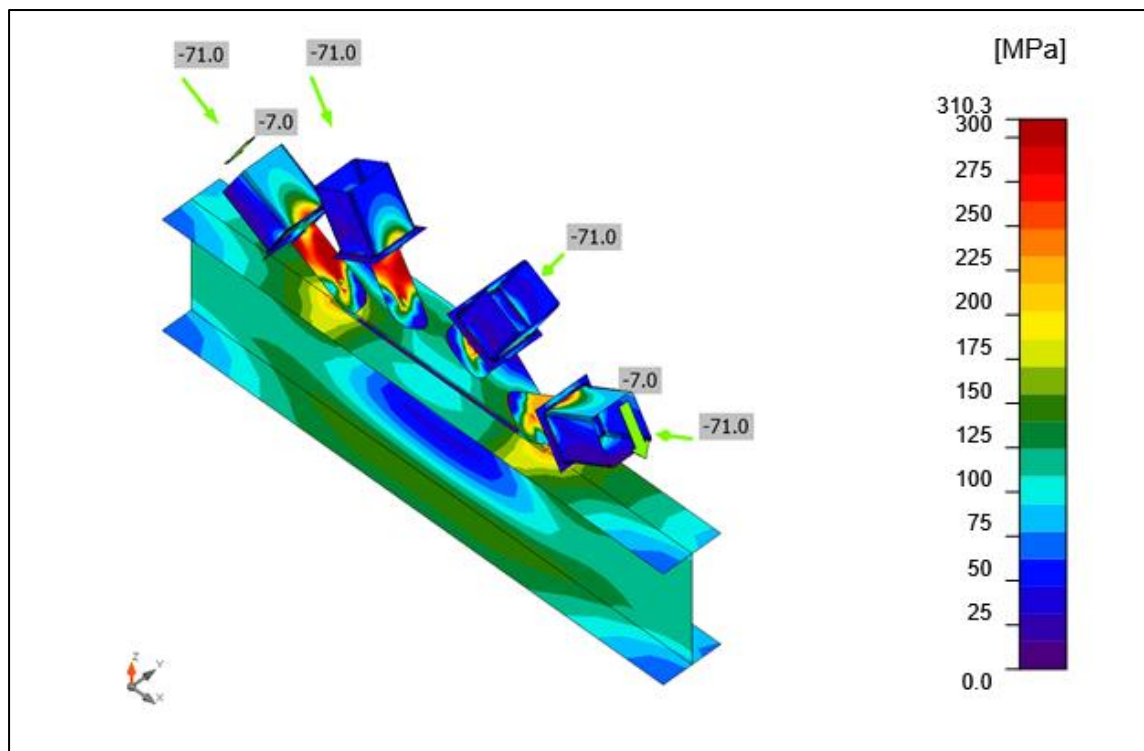


Ilustración 67. Esfuerzos para la conexión. (fuente: propia).

5.2.4 Brindar apoyo en las etapas de diseño, supervisión y administración, de las actividades necesarias para la correcta ejecución de las obras.

Apoyo en planos y presentaciones.

A partir de modelo realizado se realizó la creación de planos estructurales de plantas, detalles y despieces.

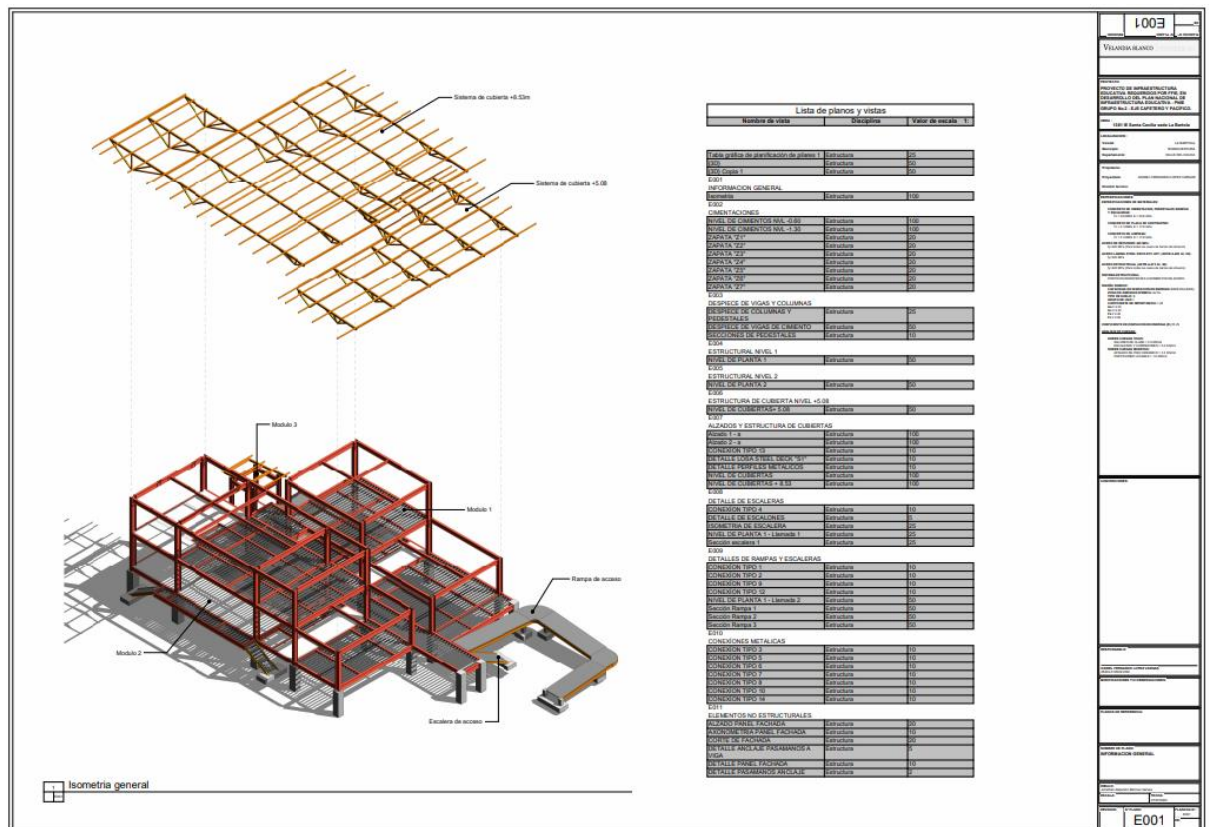
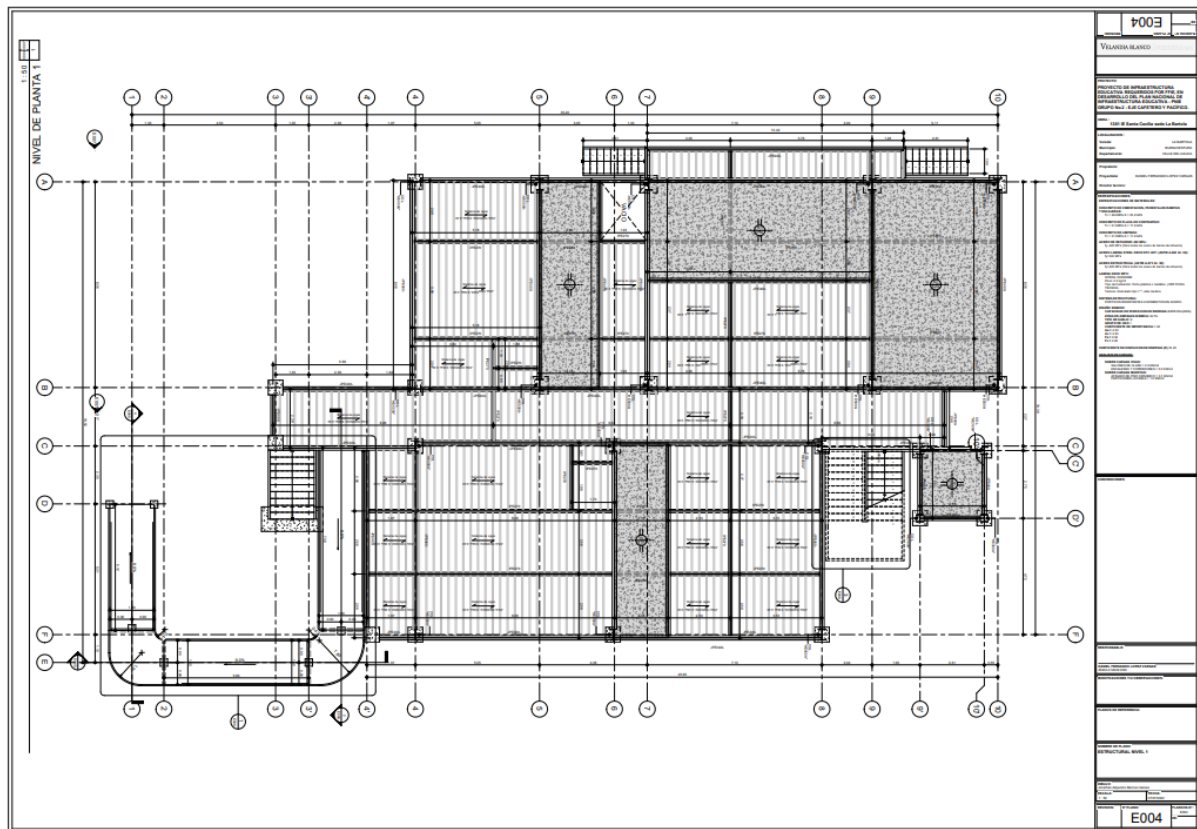
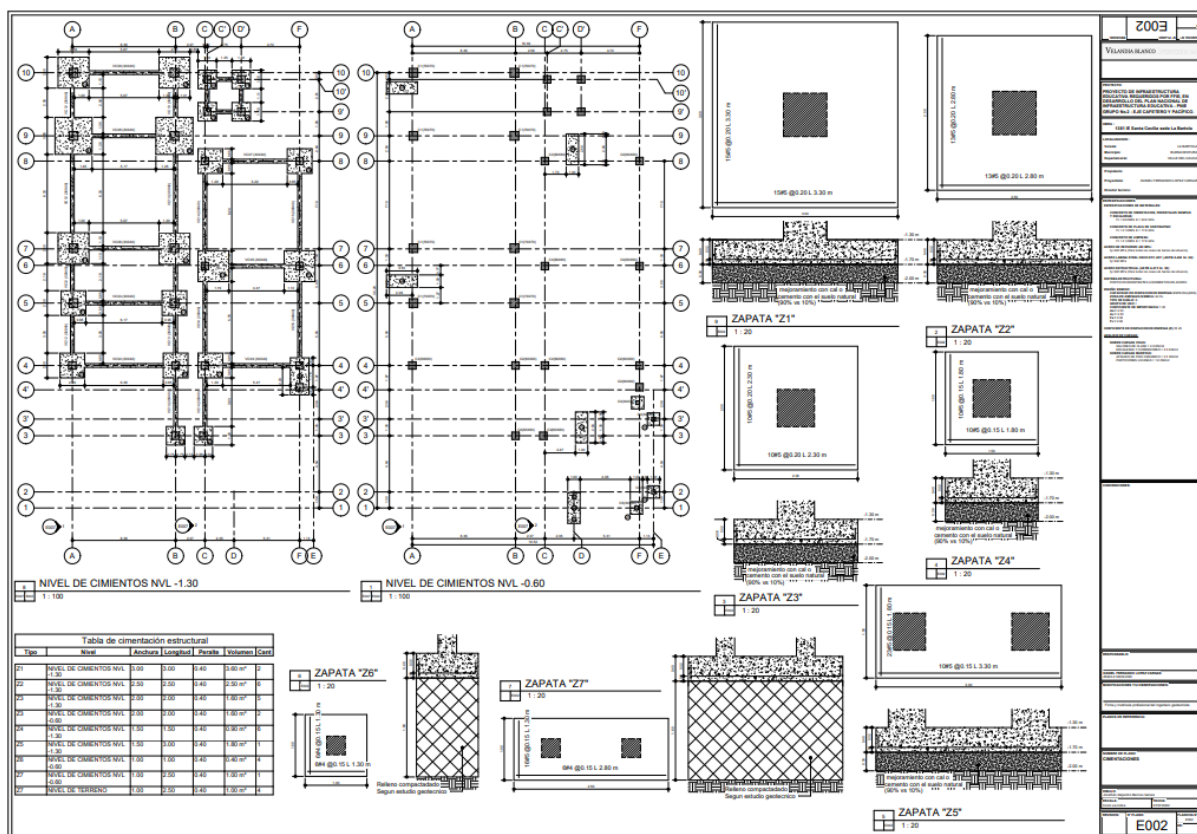


Ilustración 68. Plano isométrico de la estructura y listado de planos. (fuente: propia).



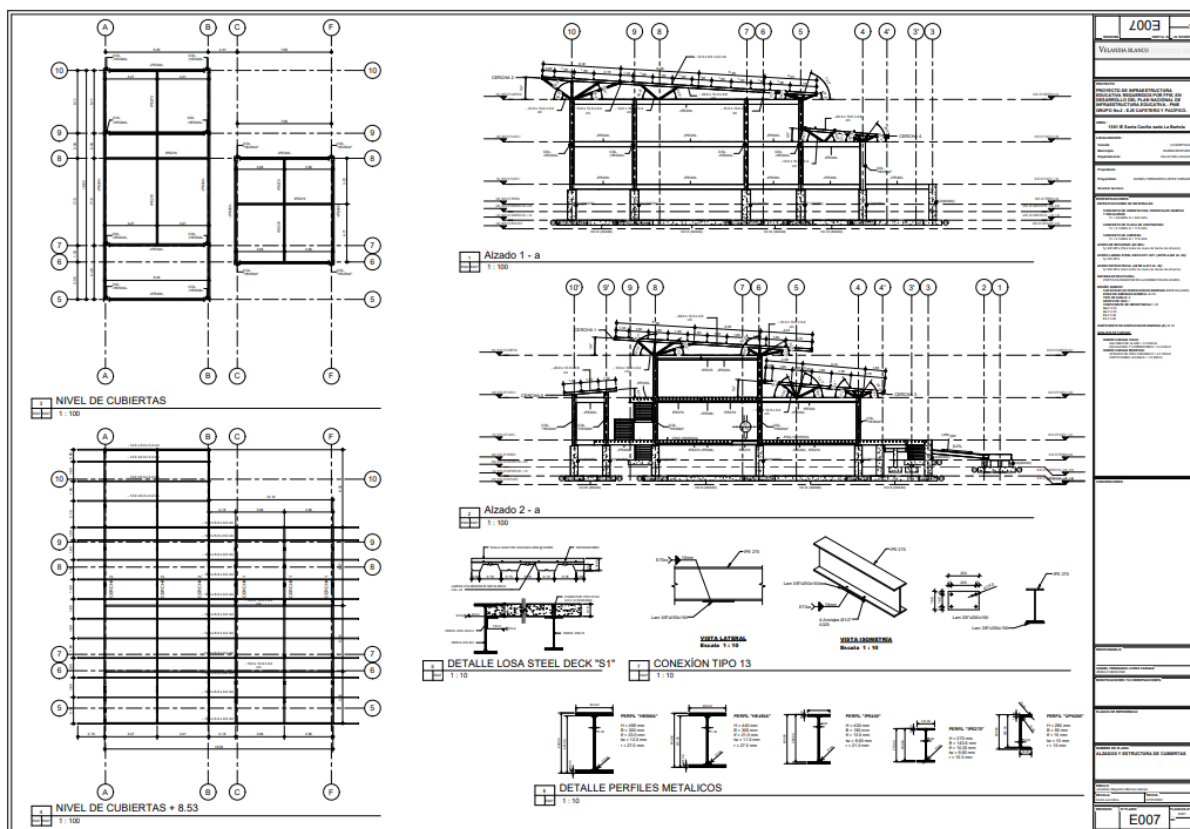


Ilustración 71. Planos de alzados, plantas de cubiertas y detalles de secciones. (fuente: propia).

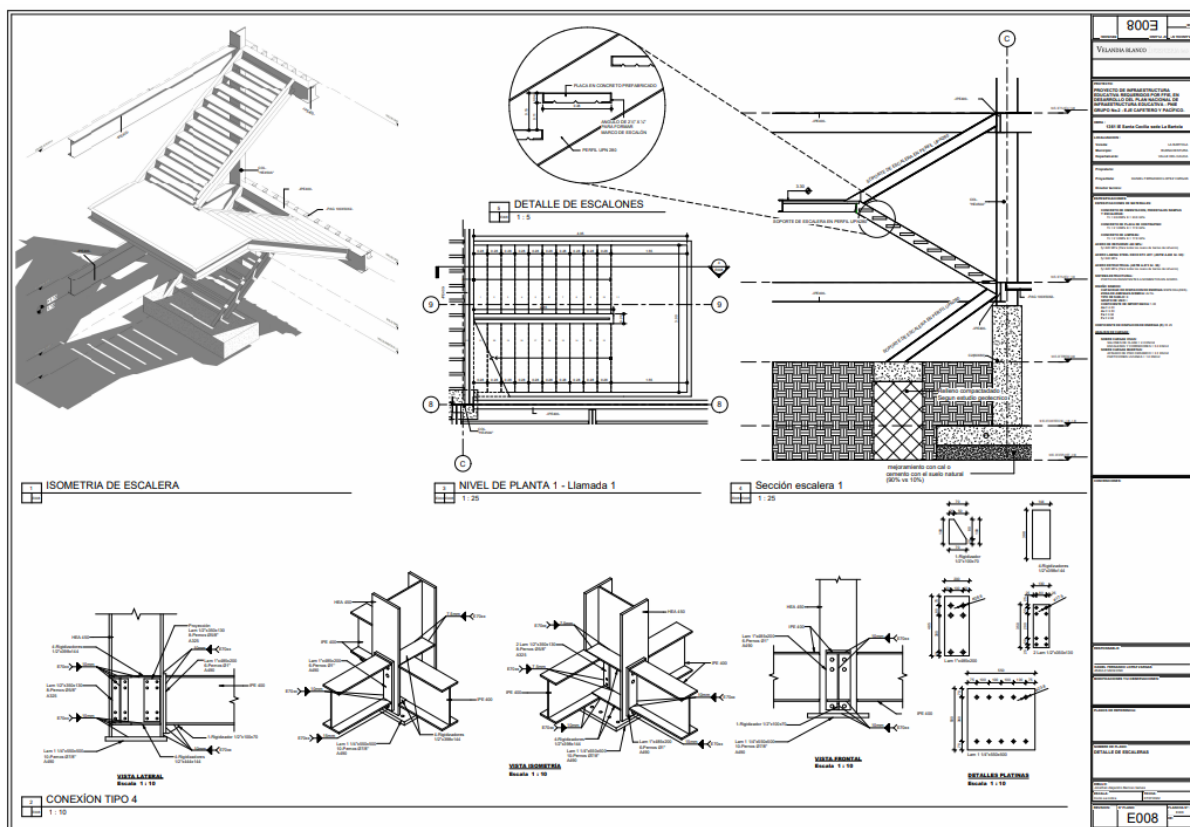


Ilustración 72. Detalles de escaleras y conexiones metálicas. (fuente: propia).

Apoyo en informes:

Se realizaron los informes y memorias de calculo en los que se detallan los procesos, conceptos y métodos usados para el desarrollo del diseño estructural, para esto en las memorias correspondientes a elementos de concreto reforzado se utilizó el software Mathcad como apoyo de tal manera que se pudieran realizar estos procesos de manera rápida y sirvieran como presentación en los informes finales.

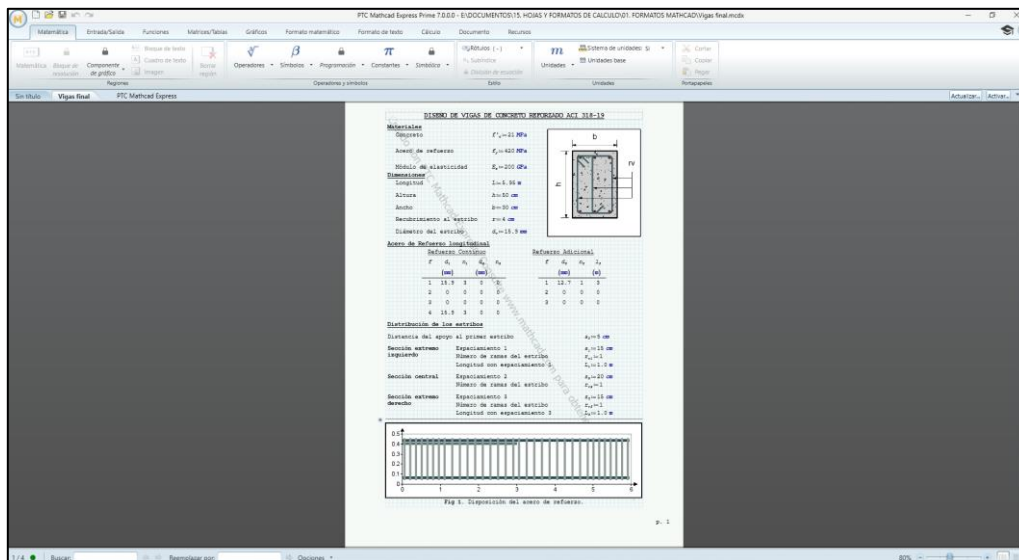


Ilustración 73. Hoja de cálculo realizada con Mathcad. (fuente: propia).

De igual manera para las conexiones se realizó la exportación de los informes creados por el programa IDEA STATICA.

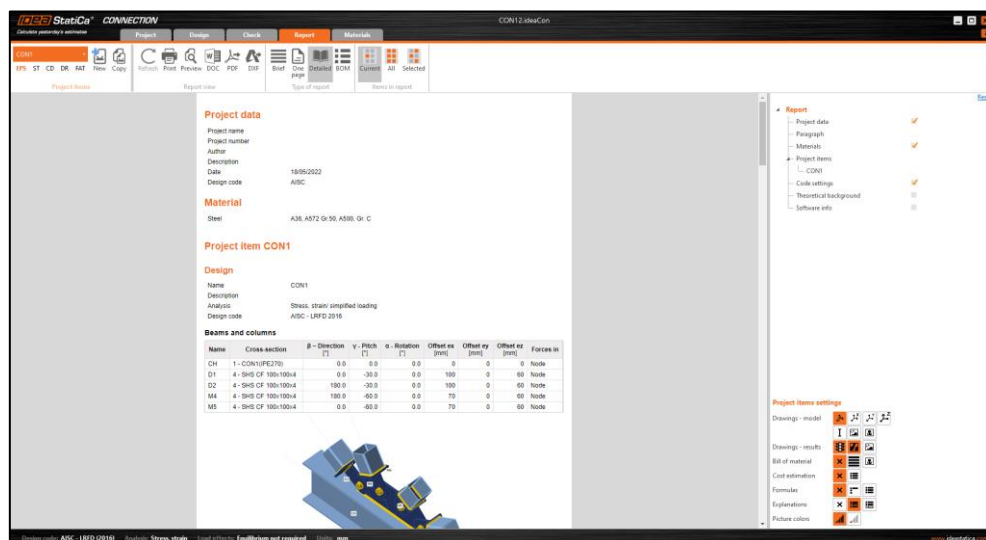


Ilustración 74. Reporte de cálculo generado por IDEA STATICA. (fuente: propia).

5.2.5 Calcular cantidades de obra a utilizar de acuerdo a la programación y modelado realizado de cada una de las Obras.

Con la realización de los modelos paramétricos en Revit fue posible realizar las extracciones de cantidades con una gran facilidad tanto para volúmenes de concreto como cantidades de acero.

<Cómputo de materiales de pilares estructurales>				
A	B	C	D	E
Familia	Tipo	Longitud	Volumen	Material: Nombre
M_Hormigón-Recta	C1(70X70)	2.45	1.20 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
M_Hormigón-Recta	C2(60X60)	2.45	0.88 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
M_Hormigón-Recta	C2(60X60)	2.93	1.05 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
M_Hormigón-Recta	C3(30X30)	0.60	0.05 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
M_Hormigón-Recta	C3(30X30)	1.00	0.09 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris
M_Hormigón-Recta	C3(30X30)		0.14 m³	Hormigón, Moldeado in situ, gris

Ilustración 75. Compu de cantidades de hormigón armado extraído de Revit. (fuente: propia).

MEMORIA DE CANTIDADES			
CODIGO	MEMORIA DE CANTIDADES PARA EL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA CECILIA SEDE	VERSION	
DP-001	BARTOLA	0.10	
Item	DESCRIPCION	UND	CANT
1	PRELIMINARES		
1.1			
1.2			
2	ESTRUCTURAS EN CONCRETO		
2.1	Hormigon de limpieza en concreto pobre 14 Mpa	m3	4.53
2.2	Cimentacion superficial hormigon armado F'c 28 Mpa	m3	41.79
2.3	Vigas cimentacion Hormigon armado F'c 28 MPa (30x40)	m3	21.25
2.4	Losa en lamina colaborante steel deck e.10 m concreto armado F'c 21 Mpa	m3	12.02
2.5	Pedestal en hormigon armado F'c 28 MPa	m3	19.81
2.6	Placa en concreto prefabricado	m2	16.62
3	ESTRUCTURAS METALICAS		
3.1	Perfil metálico IPE400	Kg	33483.85
3.2	Perfil metálico PAG 100X50X2	Kg	5608.22
3.3	Perfil metálico HE450A	Kg	6772.90
3.4	Perfil metálico HE500A	Kg	9832.04
3.5	Perfil metálico IPE270	Kg	15580.64
3.6	Perfil metálico UPN 280	Kg	3299.42
3.7	Cercha de cubierta Nivel +8,53 L 22,4 m	UND	3.00
3.8	Cercha de cubierta Nivel +8,53 L 16,0 m	UND	3.00
3.9	Cercha de cubierta Nivel +5,18 L 9,84 m	UND	3.00
3.10	Cercha de cubierta Nivel +5,18 L 6,80 m	UND	3.00
3.11	Perfil PTE 100x100x4 Cubiertas	Kg	1818.08
3.12	Perfil PTE 120x60x2 cubierta	Kg	94.34
3.13	Perfil LPN 100x1.2	Kg	1281.09
3.14	Conectores stud 3/4 X 3-7/8 MS MD2	UND	95.00
3.15	Losa en lamina colaborante steel deck e.10 m	m2	166.95
3.16	Perfil metálico HE300A	Kg	1619.90
4	ACERO DE REFUERZO		
4.1	Acero de refuerzo Barra Ø7/8" 420Mpa	Kg	1042.55
4.2	Acero de refuerzo Barra Ø3/4" 420Mpa	Kg	1126.44
4.3	Acero de refuerzo Barra Ø5/8" 420Mpa	Kg	4061.62
4.4	Acero de refuerzo Barra Ø1/2" 420Mpa	Kg	1603.79
4.5	Acero de refuerzo Barra Ø3/8 420Mpa	Kg	1942.27

Ilustración 76. Resumen de cantidades estructurales.

5.2.6 Análisis.

De acuerdo con los estudios geotécnicos se determinó una capacidad portante del suelo de 50.9 KN/m² y una cimentación compuesta de zapatas aisladas a una profundidad de 2.00 m apoyadas sobre una capa de material de mejoramiento.

Arquitectónicamente la estructura se planteó como una edificación palafítica con el fin de protegerla de inundaciones provocadas en temporadas de fuertes lluvias, también se establecieron dos plantas en las que se ubican los salones de clase, cocina, comedor y baños.

El diseño estructural planteado cumple con las especificaciones dictadas por la Norma de Sismo Resistencia (NSR-10) para edificaciones de grupo III, por tanto, se realizaron las verificaciones de umbral de daño y fue elaborada teniendo en cuenta condiciones de capacidad de disipación especial (DES) para zonas de alta sismicidad.

Se realizó la modelación de la estructura mediante el software Sap2000 bajo la supervisión del ingeniero calculista, insertando los parámetros sísmicos y cargas establecidas para realizar el análisis dinámico lineal, dando como resultado la composición de la estructura final la cual se exportó a Revit para su adecuado modelamiento.

El modelado tridimensional se realizó por medio del software Revit vinculando los resultados del diseño estructural realizado y el diseño arquitectónico enviado, de tal manera que se relacionaran perfectamente y quedaran asociados en caso de la realización de cambios estos se pudieran realizar con facilidad.

A partir de la geometría realizada en Revit y los resultados estructurales se generó los modelos de elementos finitos para las conexiones metálicas del proyecto por medio del software IDEA STATICA, verificando y diseñando estas conexiones para finalmente generar la exportación de informes generados por este programa.

La generación de cantidades de obra se realizó exclusivamente para las actividades correspondientes al área estructural para lo cual se realizó la extracción de datos por medio del

software Revit, evidenciando la facilidad que ofrecen estas herramientas a la hora de llevar este tipo de control.

5.3 Otras actividades.

Durante la realización de las prácticas empresariales para la empresa PROYECTOS IT INGENIERIA S.A.S. se desarrollaron múltiples actividades las cuales no se encuentran abarcadas dentro de los proyectos anteriormente descritos, dentro de estas se encuentran el desarrollo de fotogrametrías, el apoyo en un proyecto de patologías y la realización de algunos modelos y topografías.

5.3.1 Fotogrametrías.

En estas actividades se realizó el apoyo de algunas tareas que requerían la realización de levantamiento topográficos por medio de procesos de medición tridimensional, en los que se utilizó un dron de marca Dij Mavic 1 Profesional y el procesamiento se realizó con el software Pix4d mapper.



Ilustración 77. Evidencia Personal de levantamiento con Dron. (fuente propia)

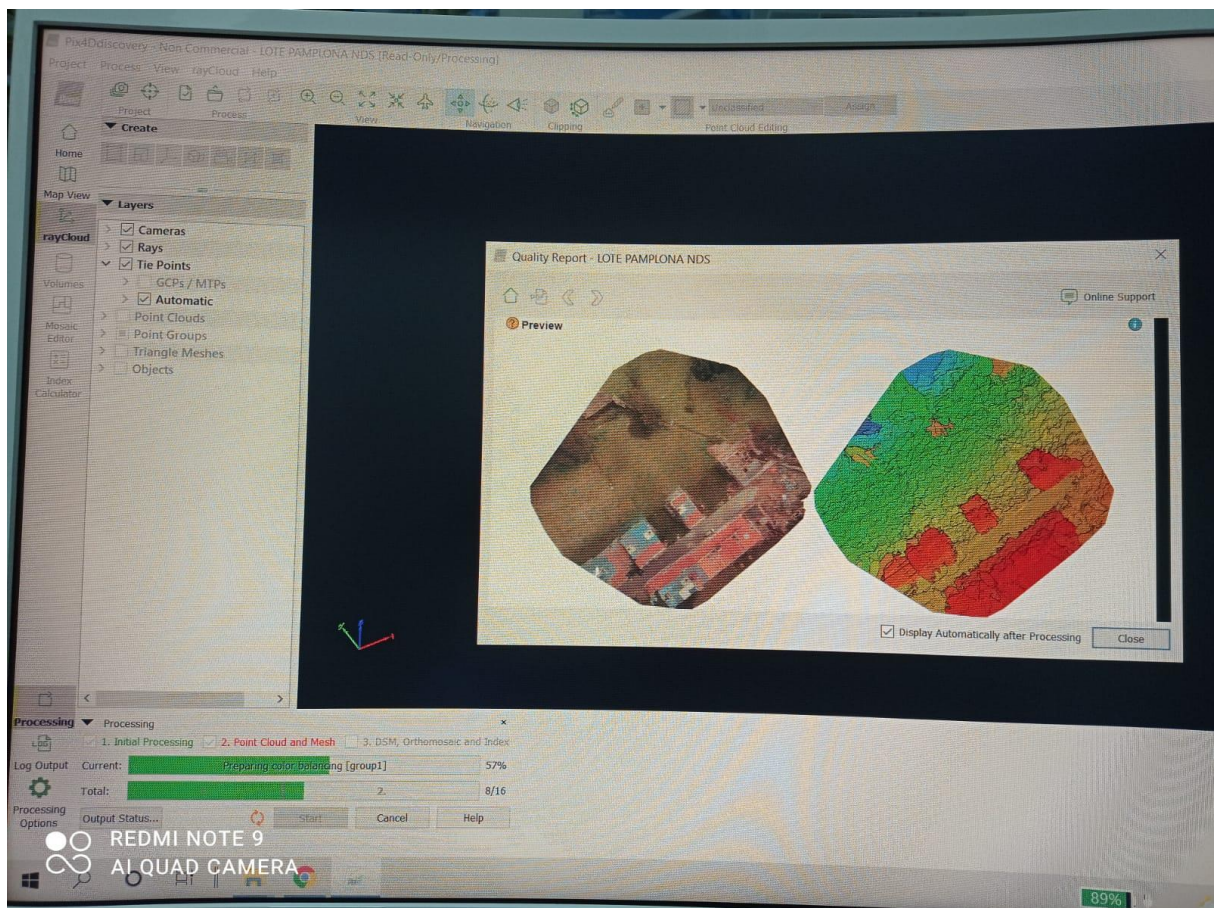


Ilustración 78. Procesamiento de datos realizado con Pix4d mapper. (fuente propia)



Ilustración 79. Resultado de fotogrametría. (fuente propia).

5.3.2 Visitas en campo.

También se realizaron una serie de visitas en campo a algunas instituciones educativas rurales ubicadas a lo largo del municipio de Toledo, con el fin de detectar fallas patológicas y plantear soluciones para dichas instituciones.

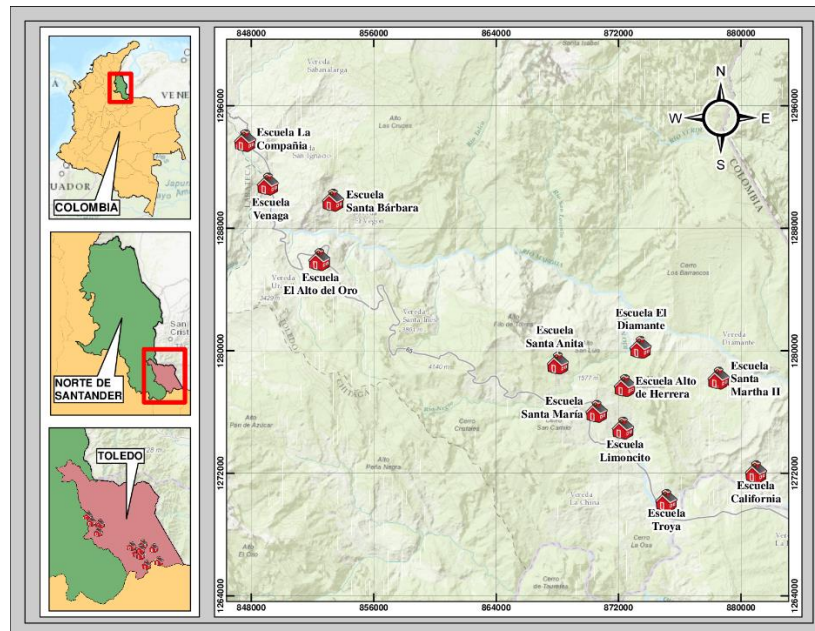


Ilustración 80. Ubicación de instituciones educativas visitadas. (fuente propia).



Ilustración 81. Evidencia personal de visitas a instituciones educativas. (fuente propia).

Dentro de las principales patologías principalmente observadas se encuentra que existen asentamiento diferenciales en todas las estructuras analizadas esto debido principalmente a la inexistente estructura, evidenciando construcciones realizadas con poco o nulo conocimiento de ingeniería, por lo que se requieren de obras de mantenimiento y reforzamiento y en algunas incluso es recomendable su demolición.

6 CONCLUSIONES.

Anterior a la fecha del desarrollo de la practica empresarial se observó ausencia de parametrización y estandarización de procesos, lo que conllevaba a una reducción en la eficiencia de los procesos que se hacía visible mediante retrasos en las obras y sobrecostos.

La parametrización de los datos a través de modelos BIM para cada uno de los proyectos ejecutados permitió realizar la extracción de datos de una manera rápida y precisa. Así mismo el empleo de las herramientas BIM y la interrelación entre las mismas permitió la modificación de datos de manera conjunta en todos los archivos que permanecían interconectados, permitiendo la actualización de los modelos de manera inmediata, reduciendo los tiempos que implicaría la actualización individual.

El apoyo en el desarrollo de actividades enmarcadas dentro de la practica empresarial me permitieron poner en práctica los conocimientos aprendidos durante mi proceso formativo de manera dinámica, aportando de manera activa al cumplimiento de las metas y objetivos propuestas por la empresa, así como también contribuyendo a la mejora de la eficiencia de los procesos a través del uso de las tecnologías BIM y parametrización de la información.

La aplicación de métodos y procesos BIM, al igual que las nuevas herramientas tecnológicas conllevan a un incremento considerable de la eficiencia de los diseños, así como una reducción significativa de los tiempos de desarrollo y ejecución de los proyectos, debido a que el uso de estas permite reducir de manera considerable los tiempos utilizados para el desarrollo de cálculos y organización de la información, al mismo tiempo que disminuye los riesgos asociados al desarrollo de cálculos manuales y pérdida de información.

Para el correcto uso de las herramientas BIM y obtener los resultados deseados es necesario mantener una organización y parametrización de los archivos a la hora de ejecutar programas.

Los datos extraídos de las herramientas BIM referentes a presupuestos y cronogramas de trabajo se comportan de manera semejante a los empleados en la ejecución de los proyectos, destacando que las diferencias se asocian con variables que no podían ser medidas como condiciones ambientales desfavorables y también en modificaciones en la selección de materiales empleados.

7 RECOMENDACIONES.

Promover la implementación del uso de tecnologías BIM en el diseño y ejecución de obras y/o proyectos.

Capacitar los equipos de trabajo en el uso tecnologías BIM y parametrización de datos.

Estandarizar el uso de herramientas tecnológicas específicas de acuerdo con las características, naturaleza y necesidades de los proyectos.

Establecer la parametrización de los proyectos desde el inicio de los mismos, con base a las características propias de los mismos.

Contratar personal encargado de administrar y organizar la información de todos los proyectos ejecutados por la empresa, con el objetivo de unificar los canales de comunicación y nomenclaturas usadas.

8 REFERENCIAS

- Acero Vaca, A. V. (2021). *ESTADO DEL ARTE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA (BIM) EN*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2*. Bogotá: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica.
- Autodesk. (s.f.). *AutoCAD: millones de personas confían en el software CAD 2D y 3D para dibujar, crear y automatizar diseños en cualquier momento y en todo lugar*. Obtenido de https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview?panel=buy&AID=13955714&PID=8299320&SID=jkp_Cj0KCQiAvqGcBhCJARIsAFQ5ke6rre1N2k4WzJD4WfLW4gTngjUNgTeMfbM2PkFZuZTfjiGnLSUPEI8aAjabEALw_wcB&cjevent=c60bb48371cd11ed8027cf3c0a82b839&mktvar002=afc_lat
- Autodesk. (s.f.). *Civil 3D: software completo de diseño y documentación detallados para infraestructuras civiles*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/civil-3d/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Autodesk. (s.f.). *Revit: software de BIM para diseñadores, constructores y emprendedores*. Obtenido de https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/overview?panel=buy&AID=13955714&PID=8299320&SID=jkp_Cj0KCQiAvqGcBhCJARIsAFQ5ke7VF2MQzn8kCo0XytdINGlCi98A0gdUFosI9aGdgqbfsRxybHMP14caAjbMEALw_wcB&cjevent=0de29da271ce11ed8027cf3d0a82b839&mktvar002=afc_latam

- Choclán Gamez, F., Soler Severino, M., & Gonzales Marquez, R. J. (2014). INTRODUCCION A LA METODOLOGÍA BIM. *Spanish Journal of Building Information Modelling*, 4-10.
- CSI spain. (s.f.). *ETABS*. Obtenido de <https://www.csiespana.com/software/5/etabs>
- CSI spain. (s.f.). *SAP 2000*. Obtenido de <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>
- Federación de Desarrollo Nacional. (2020). *Estrategia Nacional BIM 2020-2026*.
- IDEA STATICA. (s.f.). *IDEA STATICA*. Obtenido de <https://www.ideastatica.com>
- Ingeniería Civil Universidad de Pamplona. (11 de 2022). Obtenido de Ingeniería Civil Universidad de Pamplona: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_1/recursos/facultades/ingenierias/31052009/ing_civil.jsp
- Instituto Nacional de Vías. (s.f.). *guía de diseño de pavimentos con placa-huella*.
- Kappos, A., & Stefanidou, S. (2009). A deformation-based seismic design method for 3D R/C irregular buildings using inelastic dynamic analysis. En *Bulletin of Earthquake Engineering* (págs. 875-895).
- Koala. (20 de mayo de 2020). Obtenido de Ciclo de vida de un proyecto BIM: <https://koalaarchitecture.com/ciclo-de-vida-de-un-proyecto-bim/#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20mantenimiento%20dónde%20el%20proyecto>
- Liston, K., Eastman, C. M., Eastman, C., Sacks, R., & Teicholz, P. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. Wiley.
- Ministerio del transporte Republica de Colombia. (2015). *Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella*.

- Olatunji, O. A. (2010). *A Preliminary Review on the Legal Implications of BIM and Model Ownership*. (Vol. 16). Turk Ž. Obtenido de <https://www.itcon.org/2011/40>
- Pavan, A., Lupica Spagnolo, S., Pasini, D., Caffi, V., Daniotti, B., & Mirarchi, C. (2019). *BIM-Based Collaborative Building Process Management*. Springer International Publishing. Obtenido de <https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/book/10.1007/978-3-030-32889-4>
- Read, P., Vandezande, J., & Krygiel, E. (2011). *Mastering Autodesk Revit Architecture 2012*. (J. Vandezande, & P. Read, Edits.) Wiley.
- Smith, D. K., & Tardif, M. (2009). *Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*. Wiley. Recuperado el 9 de November de 2022
- Weiss Salas, P. E. (2005). *Guía y estándares para el desarrollo gráfico del proyecto*. Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus Profesiones Auxiliares.

9 ANEXOS.

- ANEXO 1: PLANOS TOPOGRAFICOS TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 2: PLANOS GEOMETRICOS TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 3: PLANOS ESTRUCTURALES COMPOSICION DE PLACA HUELLA. TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 4: PLANOS ESTRUCTURALES OBRAS HIDRAULICAS TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 5: PLANOS ESTRUCTURALES BOX CULVERT.
- ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROPUESTO TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 7: PRESUPUESTO DE OBRA INICIAL. TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 6: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES FINAL TRAMOS DE VIA TAMARA-SANTABARBARA.
- ANEXO 8: PRESUPUESTO DE OBRA FINAL.
- ANEXO 10: PLANOS ESTRUCTURALES I.E. SEDE LA BARTOLA.
- ANEXO 11: CANTIDADES DE OBRA I.E. SEDE LA BARTOLA.