

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN PROYECTOS DE CONSULTORÍA DE LA EMPRESA
DELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S. PROYECTOS: PLAN DE DESARROLLO COTECMAR,
ESTUDIOS Y DISEÑOS RED VIAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



TRABAJO DE GRADO: INFORME FINAL

**OSCAR ESNEIDER BOLAÑOS GÓMEZ
CÓDIGO: 100419010941
C.C 1061803384
oebolanos@unicauca.edu.co**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN-CAUCA
2025**

**AUXILIAR DE INGENIERÍA EN PROYECTOS DE CONSULTORÍA DE LA EMPRESA
DELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S. PROYECTOS: PLAN DE DESARROLLO COTECMAR,
ESTUDIOS Y DISEÑOS RED VIAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



TRABAJO DE GRADO: INFORME FINAL

**DIRECTOR:
ING. VÍCTOR RENÁN CASTILLO ÑÁÑEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN-CAUCA
2025**

Nota de aceptación

Firma del director de pasantía

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, ____ de _____ de 2025

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento tan significativo de mi vida. A mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental en mi formación académica. Especialmente a mi madre, por ser la fuente constante de motivación que me impulsó a seguir este camino profesional.

A la Universidad del Cauca, por brindarme la oportunidad de formarme en un ambiente académico de excelencia; a sus profesores, por generosamente compartir su conocimiento y experiencia, y a mis compañeros por los momentos compartidos de aprendizaje y compañerismo.

Mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que, a lo largo de estos años, han contribuido a que mi familia esté a portas de contar con su primer ingeniero civil.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GENERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4	MARCO DE REFERENCIA	15
4.1	ENTIDAD RECEPTORA	15
4.2	TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA.....	15
4.3	TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA	15
4.4	DURACIÓN.....	16
4.5	RECURSOS UTILIZADOS.....	16
4.6	DEFINICIONES	16
4.6.1	Contenedor de información	16
4.6.2	Federación	17
4.6.3	Información	17
4.6.4	Nivel de desarrollo (LOD).....	17
4.6.5	Modelado de Información de la construcción (Building Information Modeling)	17
4.6.6	Modelo de información	17
4.6.7	Plan de Ejecución BIM (BEP).....	17
4.6.8	Usos BIM	18

4.7	PROYECTOS	18
4.7.1	Proyecto N°1. Diseños requeridos para el plan de desarrollo de capacidades Cotecmar	18
4.7.2	Proyecto N°2. Estudios y diseños para mejoramiento de vías nacionales de la red vial regional del departamento del Cauca.....	19
5	ACTIVIDADES REALIZADAS.....	25
5.1	Modelación de elementos y extracción de entregables en Revit	25
5.2	Detección de interferencias en Navisworks	25
5.3	Elaboración de simulaciones constructivas	26
5.4	Determinación de cantidades y presupuesto.....	26
5.5	Identificación y cuantificación de afectación predial	26
6	CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE TRABAJO	27
6.1	GENERACIÓN, INTEGRACIÓN Y COORDINACIÓN DE MODELOS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE HANGARES DE COTECMAR.....	27
6.1.1	Actividad 1. Actualización y generación del modelo BIM de la especialidad hidráulica	27
6.1.2	Actividad 2. Generación de modelos federados	53
6.1.3	Actividad 3. Determinación de interferencias entre especialidades	58
6.1.4	Actividad 4. Generación de documentación (planos).....	69
6.1.5	Actividad 5. Realización de simulación constructiva.....	79
6.2	CUANTIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA	84
6.2.1	Actividad 6. Obtención de cantidades de obra mediante BIM.....	84

6.2.2	Actividad 7. Obtención de cantidades viales mediante hojas de cálculo	
Excel	93	
6.3	COSTOS Y PRESUPUESTO.....	102
6.3.1	Actividad 8. Generación de APU's en SAGUT	102
6.4	DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE AFECTACIÓN PREDIAL	110
6.4.1	Actividad 9. Identificación y cuantificación de áreas de afectación predial	110
6.4.2	Actividad 10. Elaboración de mapa predial del corredor	115
6.4.3	Actividad 11. Elaboración de tabla y fichas prediales	116
7	CONCLUSIONES	120
8	BIBLIOGRAFÍA.....	122
9	ANEXOS.....	124
9.1	Anexo A. Resolución de trabajo de grado (Digital)	125
9.2	Anexo B. Certificado de cumplimiento de horas (Digital)	126
10	APENDICES	127
10.1	Apéndice A. Modelos BIM – Especialidad hidráulica (Digital).....	128
10.2	Apéndice B. Modelos federados (Digital)	129
10.3	Apéndice C. Informes de interferencias (Digital)	130
10.4	Apéndice D. Planos (Digital)	131
10.5	Apéndice E. Simulación constructiva (Digital)	132
10.6	Apéndice F. Cantidades de obra (Digital)	133
10.7	Apéndice G. Análisis de precios unitarios (Digital)	134
10.8	Apéndice H. Afectación predial (Digital)	135

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1	<i>Logo de la entidad receptora</i>	15
Figura 2	<i>Localización del proyecto de hangares de Cotecmar</i>	19
Figura 3	<i>Localización del corredor Crucero Cuatro Esquinas - El Tambo</i>	21
Figura 4	<i>Localización del corredor El Crucero - San Andrés de Pisimbalá</i>	22
Figura 5	<i>Localización del corredor Guadualejo – Belalcázar</i>	23
Figura 6	<i>Localización del corredor Tacueyó – Rionegro</i>	24
Figura 7	<i>Portada del documento BIM Execution Plan del proyecto</i>	29
Figura 8	<i>Planos CAD de referencia</i>	30
Figura 9	<i>Importación del plano CAD de referencia a Revit</i>	31
Figura 10	<i>Vinculación de los modelos BIM de arquitectura y estructura para LP2-E1</i>	32
Figura 11	<i>Librería BIM Pavco Wavin para tubería PVC sanitaria</i>	33
Figura 12	<i>Librería BIM Pavco Wavin para tubería Novafort y Novaloc</i>	33
Figura 13	<i>Librería BIM Pavco Wavin para Tubería PVC Presión</i>	34
Figura 14	<i>Librería BIM Pavco Wavin AWWA C900</i>	34
Figura 15	<i>Modelación de tubería</i>	35
Figura 16	<i>Importación de familia de gabinete contra incendios al modelo BIM</i>	36
Figura 17	<i>Complemento de Victaulic para Revit</i>	37
Figura 18	<i>Vista en planta del modelo inicial agrupado del sistema pluvial de LP2 E1 y LP3</i>	38
Figura 19	<i>Modelo inicial 3D agrupado del sistema pluvial de LP2 E-1 y LP3</i>	38
Figura 20	<i>Bajantes pluviales atravesando muros arquitectónicos y vigas estructurales, en LP2 E1 y LP3</i>	39
Figura 21	<i>Cajas de inspección dentro de la losa de cimentación y con altura excesiva</i> ...	40
Figura 22	<i>Tubería de descarga pluvial por debajo de la cota del fondo del canal</i>	40
Figura 23	<i>Elementos modelados sin dimensión comercial, sin presencia de uniones</i>	41
Figura 24	<i>Discrepancia entre sección de canal modelada</i>	41
Figura 25	<i>Vista en planta en conjunto del modelo del sistema de drenaje de LP2 E1 y LP3</i>	43
Figura 26	<i>Vista 3D en conjunto del modelo del sistema de drenaje de LP2 E1 y LP3 referenciado a los modelos estructurales y arquitectónicos</i>	43

Figura 27 <i>Detalle e información alfanumérica generada en la modelación del sistema de drenaje</i>	44
Figura 28 <i>Trazado inicial del sistema de suministro</i>	45
Figura 29 <i>Vista en planta en conjunto del sistema de suministro de agua potable de LP2 E1 y LP3</i>	46
Figura 30 <i>Vista 3D en conjunto del modelo del sistema de suministro de agua potable de LP2 E1 y LP3</i>	46
Figura 31 <i>Detalle e información alfanumérica generada en la modelación del sistema de drenaje</i>	47
Figura 32 <i>Vista 3D en conjunto del modelo de la red contra incendios de LP2 E1 y LP3</i>	48
Figura 33 <i>Vista en planta en conjunto de la red contra incendios de LP2 E1 y LP3</i>	49
Figura 34 <i>Detalle gráfico e información alfanumérica generados en la modelación de la red contra incendios</i>	50
Figura 35 <i>Familias de elementos creadas</i>	51
Figura 36 <i>Parámetros de familia creados para el canal pluvial principal</i>	52
Figura 37 <i>Modelo segregado vs Modelo federado</i>	53
Figura 38 <i>Configuración de exportación del modelo Revit a Navisworks</i>	54
Figura 39 <i>Proceso de generación del modelo federado de LP2 E1</i>	55
Figura 40 <i>Modelo federado de LP2 E1</i>	56
Figura 41 <i>Modelo federado de LP3</i>	56
Figura 42 <i>Modelo federado de LP2 E1 y LP3 en conjunto</i>	57
Figura 43 <i>Herramienta Clash Detective</i>	59
Figura 44 <i>Generación de prueba o chequeo entre modelos</i>	60
Figura 45 <i>Lista de chequeos realizados durante la primera revisión en LP2 E1 y LP3</i>	61
Figura 46 <i>Intersecciones necesarias (falsos positivos)</i>	62
Figura 47 <i>Conflictos detectados en LP2 E1</i>	63
Figura 48 <i>Conflictos detectados en LP3</i>	63
Figura 49 <i>Informe de conflictos generado con Clash Detective</i>	64
Figura 50 <i>Conflictos generados por la ubicación de las redes en una misma posición</i>	65
Figura 51 <i>Lista de chequeos realizados durante la tercer revisión en LP2 E1 y LP3</i>	66
Figura 52 <i>Solución del conflicto generado por la ubicación de las redes</i>	68
Figura 53 <i>Rótulo oficial creado por el consorcio</i>	70
Figura 54 <i>Creación de plantillas de vistas</i>	71
Figura 55 <i>Vistas 2D generadas, detalle constructivo y sección</i>	72

Figura 56 Vista 3D del sistema pluvial de LP2 E1	73
Figura 57 Leyenda	73
Figura 58 Acotaciones, etiquetas y notas de texto	74
Figura 59 Planos generados para LP2 E1	75
Figura 60 Exportación de planos según formato de entrega.....	75
Figura 61 Planos hidráulicos del sistema de drenaje de LP2 E1	77
Figura 62 Planos estructurales de LP2 E1	78
Figura 63 Herramienta TimeLiner.....	80
Figura 64 Creación de tareas según programación de obra	80
Figura 65 Asignación de fechas planeadas	81
Figura 66 Asignación de tipo de tarea	82
Figura 67 Creación de sets o conjuntos de elementos según actividades	82
Figura 68 Configuraciones de la simulación	83
Figura 69 Tabla de planificación/cantidades.....	85
Figura 70 Unidades de medida según presupuesto	86
Figura 71 Categoría de los elementos.....	87
Figura 72 Selección de campos	88
Figura 73 Filtros	89
Figura 74 Clasificación/Agrupación	89
Figura 75 Formato.....	90
Figura 76 Revisión visual de cantidades	91
Figura 77 Tablas de cuantificación por sistema.....	91
Figura 78 Totalidad de tablas generadas para HDC LP3	92
Figura 79 Plano reducido del corredor Guadualejo-Belalcázar, plano ejemplo de detalles de elementos presentes en el corredor	94
Figura 80 Ejemplo de ítems dentro del capítulo 2 del presupuesto con su respectiva unidad de medida.....	95
Figura 81 Hojas base del documento de cantidades	96
Figura 82 Cartera inicial	97
Figura 83 Cartera actualizada	97
Figura 84 Actualización de cantidad del ítem 330.2	98
Figura 85 Cantidad de área para riego de liga.....	99
Figura 86 Cantidad de mezcla asfáltica MDC-25.....	99
Figura 87 Volumen de concreto $F'c$ 21Mpa.....	100

Figura 88 Sectorización de las cantidades de transporte de materiales	101
Figura 89 Actividades del capítulo Voz, datos y cctv, entregado por el especialista externo.....	103
Figura 90 Ejemplo de APU generado por el especialista externo	104
Figura 91 Base de datos de SAGUT	104
Figura 92 Creación de listado de precios (actividades) en base de datos	105
Figura 93 Creación de nuevo insumo en la base de datos de SAGUT	106
Figura 94 Asignación de material al APU	106
Figura 95 Asignación de la mano de obra	107
Figura 96 Análisis de precios unitarios para la actividad 13.2.....	107
Figura 97 Asignación de actividad al capítulo.....	108
Figura 98 Costo directo del sistema de voz, datos y cctv de LP2 E1	109
Figura 99 Costo directo del sistema de voz, datos y cctv de LP3	109
Figura 100 Datos abiertos catastro.....	111
Figura 101 Mapa catastral del departamento del Cauca	111
Figura 102 Numeración de predios colindantes.....	112
Figura 103 Implantación de diseño geométrico y levantamiento topográfico	113
Figura 104 Procedimiento de determinación de áreas de afectación predial	114
Figura 105 Plano de afectación predial del corredor Crucero cuatro esquinas - El Tambo.....	115
Figura 106 Visualización de afectación predial mostrada en el plano.....	116
Figura 107 Consulta catastral Geoportal IGAC.....	117
Figura 108 Formato de tabla y ficha predial	118

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1	<i>Información del contrato de estudios y diseños de los hangares de Cotecmar ..</i>	18
Tabla 2	<i>Información del contrato de vías nacionales</i>	20
Tabla 3	<i>Comparativa de conflictos entre la primera y tercera revisión de interferencias de LP3</i>	68
Tabla 4	<i>Cantidad de planos generados</i>	76
Tabla 5	<i>Capítulos del presupuesto del corredor Guadualejo-Belalcázar</i>	95
Tabla 6	<i>Resumen de predios afectados.....</i>	119

1 INTRODUCCIÓN

La formación de un ingeniero civil no solo se sustenta en el conocimiento teórico adquirido a lo largo de la carrera, sino también en la capacidad de aplicar esos conocimientos en situaciones reales. A lo largo de los diez semestres del programa de ingeniería civil de la Universidad del Cauca, los estudiantes no solo adquieren la teoría, sino que desarrollan habilidades para enfrentar estos desafíos profesionales. En este proceso formativo, el estudiante tiene la oportunidad de integrar la teoría con la práctica laboral a través del desarrollo de las prácticas profesionales o pasantía, conforme a lo estipulado en el acuerdo 027 de 2012, que reglamenta el trabajo de grado en los programas de pregrado en la Universidad del Cauca, y la resolución FIC-820 de 2014, por la cual se reglamenta el trabajo de grado en la facultad de Ingeniería Civil.

Estas prácticas representan una oportunidad única de aprendizaje que enriquece la formación académica del estudiante y facilita su transición del ámbito académico al profesional. En este sentido, la pasantía se convierte en una experiencia beneficiosa, que permite adquirir habilidades específicas y enfrentar retos propios del futuro desempeño laboral. El presente informe tiene como objetivo describir las actividades realizadas durante esta práctica, en el marco de trabajo de grado, con la empresa DHELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S., dedicada a la elaboración de proyectos de consultoría, interventoría, estudios y diseños en el área de infraestructura. Durante este periodo, el estudiante asumió el rol de auxiliar de ingeniería en el proyecto del plan de desarrollo Cotecmar, así como en el proyecto de estudios y diseños para la red vial regional del departamento del Cauca (vías nacionales).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y ejecutar actividades de apoyo técnico en el rol de auxiliar de ingeniería en los proyectos de consultoría de la empresa DHELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S en un plazo de 384 horas distribuidas en 4 meses.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar cantidades de obra en infraestructura vial y edificaciones.
- Participar como apoyo en la elaboración de costos y presupuestos de los proyectos en ejecución.
- Identificar y cuantificar áreas de afectación predial de los proyectos viales.
- Implementar herramientas de la metodología de trabajo colaborativa BIM (Building Information Modeling) en la generación, integración y coordinación de modelos de información del proyecto de hangares de Cotecmar.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 ENTIDAD RECEPTORA

DHELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S (ver Figura 1) es una empresa dedicada a la elaboración de proyectos de consultoría, interventoría, estudios y diseños en el área de infraestructura vial y edificaciones (Dhelta Ingeniería Civil S.A.S, 2024).

Figura 1

Logo de la entidad receptora



Nota. Tomado de la página web de la entidad receptora. Fuente: Dhelta Ingeniería Civil S.A.S (<https://dhingenieria.com.co/>) (2024).

NIT: 901155561-4

TIPO DE ORGANIZACIÓN: Sociedades por acciones simplificadas S.A.S

ACTIVIDAD ECONÓMICA: Actividades de ingeniería y otras actividades conexas de consultoría técnica, construcción de carreteras y vías de ferrocarril, construcción de obras de ingeniería civil.

UBICACIÓN: Popayán, Cauca

DIRECCIÓN: Transversal 9 Norte 56N -30, Centro Comercial Monserrat Plaza - local 37.

REPRESENTANTE LEGAL: Ing. M.Sc. Henry Mauricio Muñoz Trochez

MEDIOS DE CONTACTO: 315 304 7282 – info@dhingenieria.com.co

4.2 TUTOR POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Ing. Msc Víctor Renán Castillo Ñáñez

4.3 TUTOR POR PARTE DE LA ENTIDAD RECEPTORA

Ing. Esp. William Fernando Galarraga Córdoba

4.4 DURACIÓN

La práctica profesional-empresarial pasantía tuvo una duración de 384 horas correspondientes a los 8 créditos asignados al Trabajo de Grado en el programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca.

4.5 RECURSOS UTILIZADOS

El desarrollo de la práctica conllevó a la utilización de recursos, cuyas fuentes de financiamiento incluían a la empresa receptora, la Universidad del Cauca y aportes propios del pasante. Entiéndase por recursos los siguientes conceptos:

- Honorarios del director de pasantía
- Honorarios del supervisor de la entidad
- Equipo de cómputo portátil
- Transporte
- Alimentación
- Licencia de programas como AutoCAD, Revit, Sagut, Navisworks, Excel, Word, Topo3
- Afiliación a ARL

4.6 DEFINICIONES

A continuación, se presentan un conjunto de definiciones de los conceptos utilizados en el desarrollo de este informe final, con especial énfasis en el marco de aplicación de la metodología BIM.

4.6.1 Contenedor de información

Conjunto nombrado de información que se puede recuperar y es persistente en el tiempo (BIM Forum Colombia, 2024).

4.6.2 Federación

Creación de un modelo de información compuesto a partir de contenedores de información separados de diferentes equipos (BIM Forum Colombia, 2024).

4.6.3 Información

Representación interpretable de datos de una manera formalizada adecuada para comunicación, interpretación o procesamiento (BIM Forum Colombia, 2024).

4.6.4 Nivel de desarrollo (LOD)

Nivel acordado hasta el que debe desarrollarse un PIM en función de la fase de trabajo contratada. Pretende establecer el requisito de contenido a nivel de modelado que debe alcanzar el modelo o la fiabilidad de la información. (Plan de desarrollo de capacidades Cotecmar, BIM Execution Plan, 2024)

4.6.5 Modelado de Información de la construcción (Building Information Modeling)

Uso de una representación digital compartida de un activo construido para facilitar procesos de diseño, construcción y operación (BIM Forum Colombia, 2024).

Metodología de trabajo colaborativo para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes (BuildinSMART Spain, s.f.).

4.6.6 Modelo de información

Conjunto de contenedores de información estructurada y no estructurada (BIM Forum Colombia, 2024).

4.6.7 Plan de Ejecución BIM (BEP)

Plan que detalla los estándares, métodos y procedimientos a seguir para la gestión de la información mediante la aplicación de la metodología BIM (BIM Forum Colombia, 2024).

4.6.8 Usos BIM

Procesos específicos para aplicar al modelado de la información a lo largo del ciclo de vida de una edificación o infraestructura, con el objetivo de alcanzar uno o más propósitos definidos. (BIM Forum Colombia, 2024).

4.7 PROYECTOS

4.7.1 Proyecto N°1. Diseños requeridos para el plan de desarrollo de capacidades

Cotecmar

En el marco de desarrollo del proyecto, la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial – COTECMAR – solicito el diseño de las nuevas edificaciones LP2 extensión 1, LP3 y la losa LP4 mediante la aplicación de la metodología BIM, conforme al objeto descrito en la Tabla 1. El propósito era apoyar la producción futura de buques, maximizando el uso del área disponible y mejorando los procesos de construcción de embarcaciones. Conjuntamente, se buscaba integrar tecnologías adecuadas para aumentar la eficiencia y productividad de estos procesos, y contar con instalaciones que contribuyeran a incrementar la productividad (Plan de desarrollo de capacidades Cotecmar, BIM Execution Plan, 2024)

Tabla 1

Información del contrato de estudios y diseños de los hangares de Cotecmar

CONTRATISTA	CONSORCIO ESTUDIOS Y DISEÑOS 2023, NIT. 901.752.348-2 RL: PAULA DANELLY GAMBOA DELGADO, CC: 1110.542.301
OBJETO	Consultoría integral de estudios y diseños para las nuevas edificaciones que apalancarán la producción futura de buques, de acuerdo a especificaciones técnicas descritas en el anexo denominado “Alcance” de la invitación abierta

Nota. Información tomada del contrato modificadorio 002/23 al contrato n°025/23 celebrado entre Cotecmar y consorcio estudios y diseños 2023 (2023).

Ubicación: Planta Mamonal Km 9, Cartagena de Indias, Bolívar (ver Figura 2)

Figura 2

Localización del proyecto de hangares de Cotecmar



Nota. Adaptado del plano de localización general del proyecto. Fuente: Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

4.7.2 Proyecto N°2. Estudios y diseños para mejoramiento de vías nacionales de la red vial regional del departamento del Cauca.

Este proyecto tenía como objetivo realizar los estudios y diseños para el mejoramiento de las vías priorizadas en el Plan Vial Departamental, acorde al objeto descrito en la Tabla 2, como parte de las estrategias para mejorar la conectividad dentro del departamento. Esta iniciativa se justificaba al observar que solo un 12% de la red vial secundaria del departamento está pavimentada, lo cual dificulta la accesibilidad, la transitabilidad y la movilidad. Esta situación genera costos adicionales en la operación vehicular, afecta la circulación de personas

y sus productos, y repercute negativamente en la productividad y competitividad de la región (Gobernación del Cauca, Secretaría de infraestructura, 2020).

Tabla 2

Información del contrato de vías nacionales

CONTRATISTA	CONSORCIO VIAS NACIONALES NIT. 901.518.261-9 R.L. HENRY MAURICIO MUÑOZ TROCHEZ C.C. No. 1.061.714.419
OBJETO	Estudios y diseños para mejoramiento de vías nacionales de la red vial regional del departamento del cauca

Nota. Datos tomados del acta de inicio del contrato 2730-2021, consorcio vías nacionales (2021).

El proyecto abarcó los siguientes tramos viales:

- Corredor Crucero cuatro esquinas - El Tambo (ver Figura 3)
- Corredor El Crucero - San Andrés de Pisimbalá (ver Figura 4)
- Corredor Guadualejo – Belalcázar (ver Figura 5)
- Corredor Tacueyó. – Rionegro (ver Figura 6)

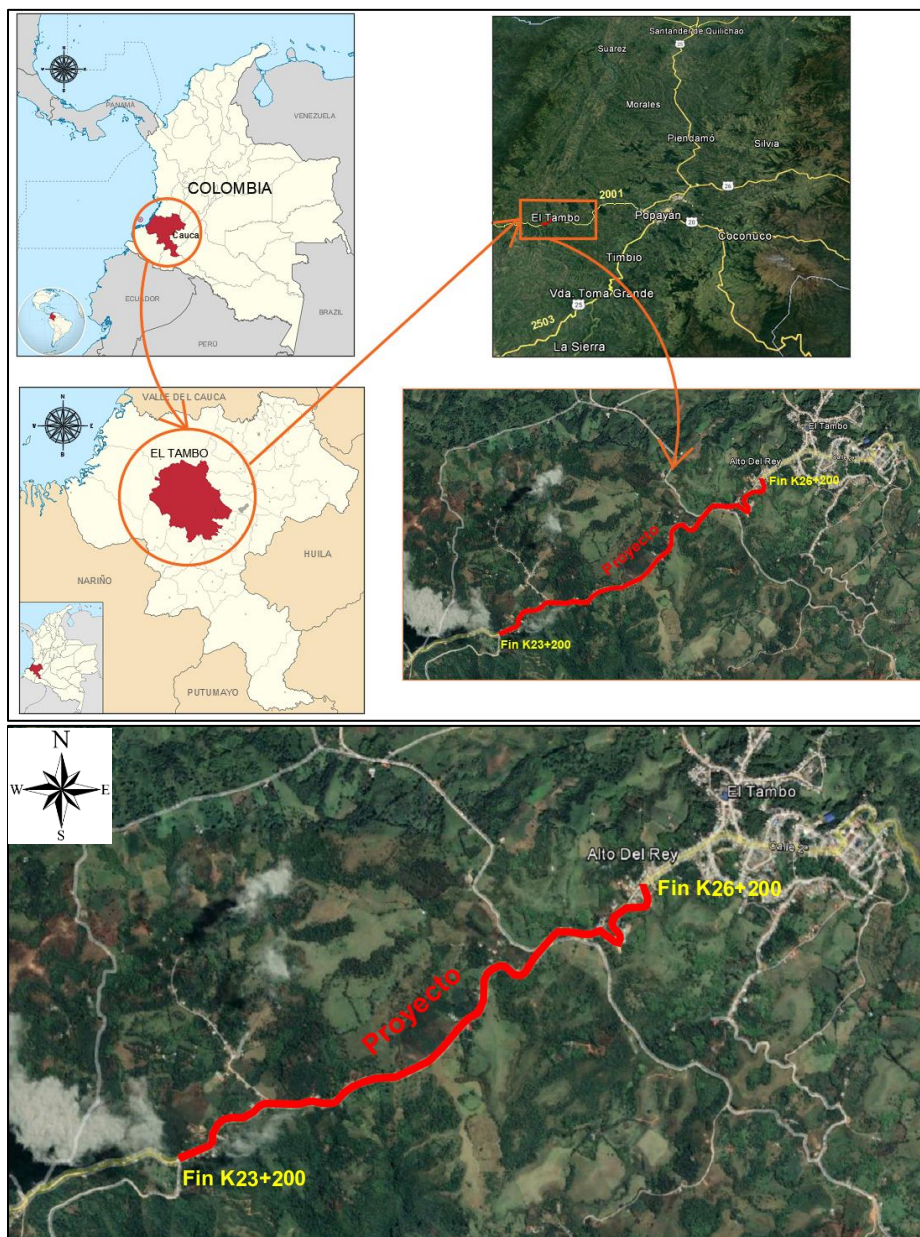
Estos tramos se encuentran ubicados en los municipio de El Tambo, Inzá, Páez y Toribío, respectivamente, como se muestra en la localización geográfica a continuación:

Tramo vial: Crucero cuatro esquinas - El Tambo

Municipio: El Tambo (Cauca)

Figura 3

Localización del corredor Crucero Cuatro Esquinas - El Tambo



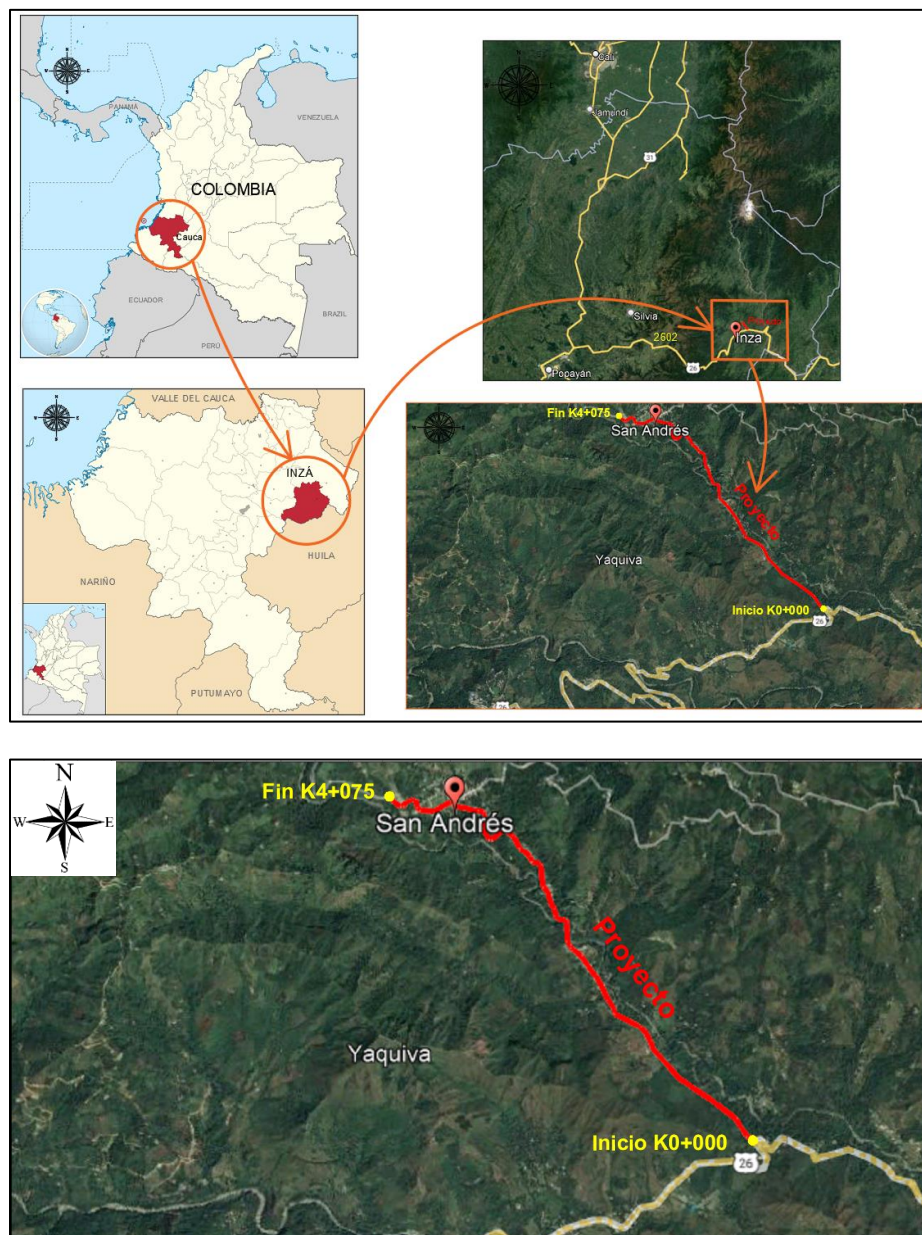
Nota. Adaptado del plano de localización del corredor. Fuente: Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico, Consorcio vías nacionales (2024).

Tramo vial: El Crucero – San Andrés de Pisimbalá

Municipio: Inzá (Cauca)

Figura 4

Localización del corredor El Crucero - San Andrés de Pisimbalá



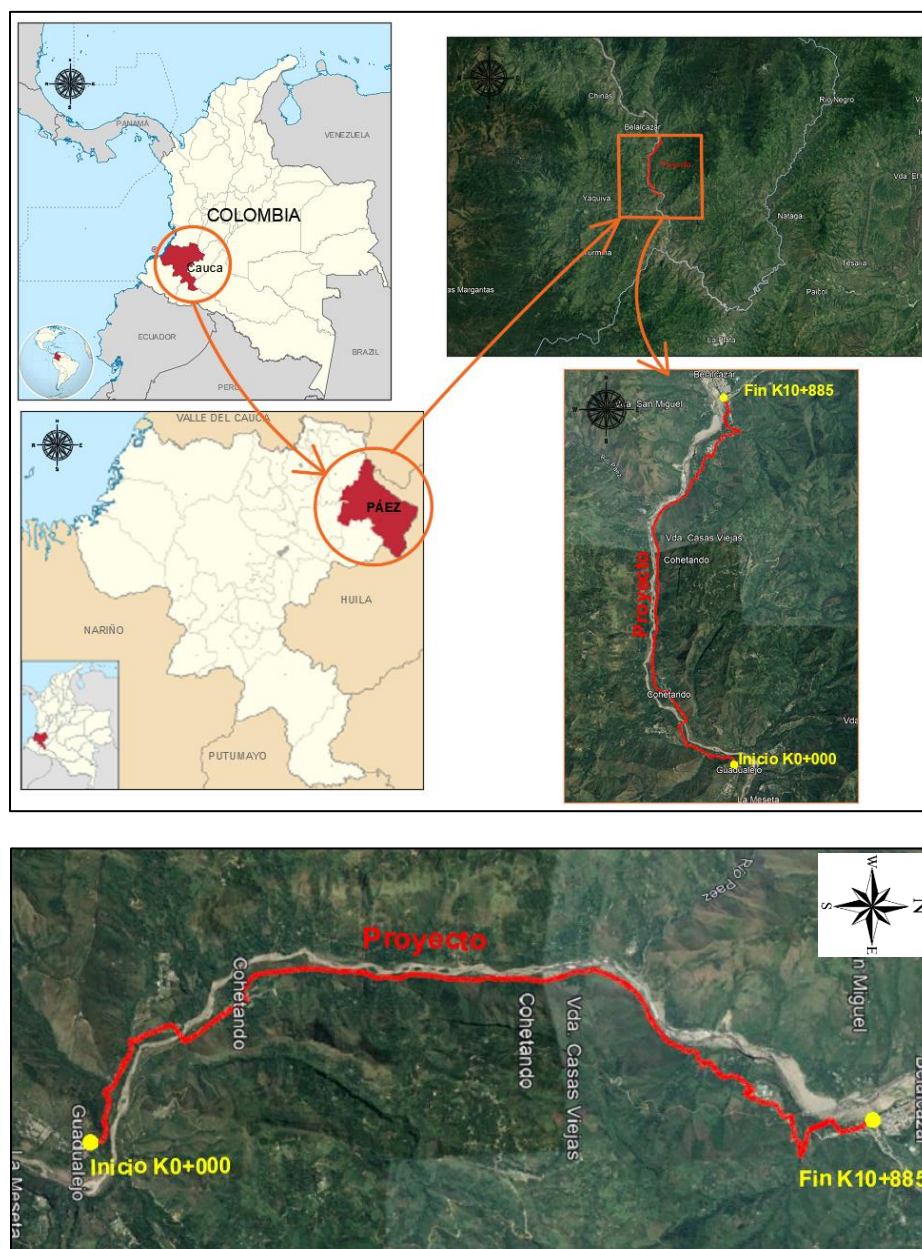
Nota. Adaptado del plano de localización del corredor. Fuente: Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico, Consorcio vías nacionales (2024).

Tramo vial: Guadualejo – Belalcázar

Municipio: Páez (Cauca)

Figura 5

Localización del corredor Guadualejo – Belalcázar



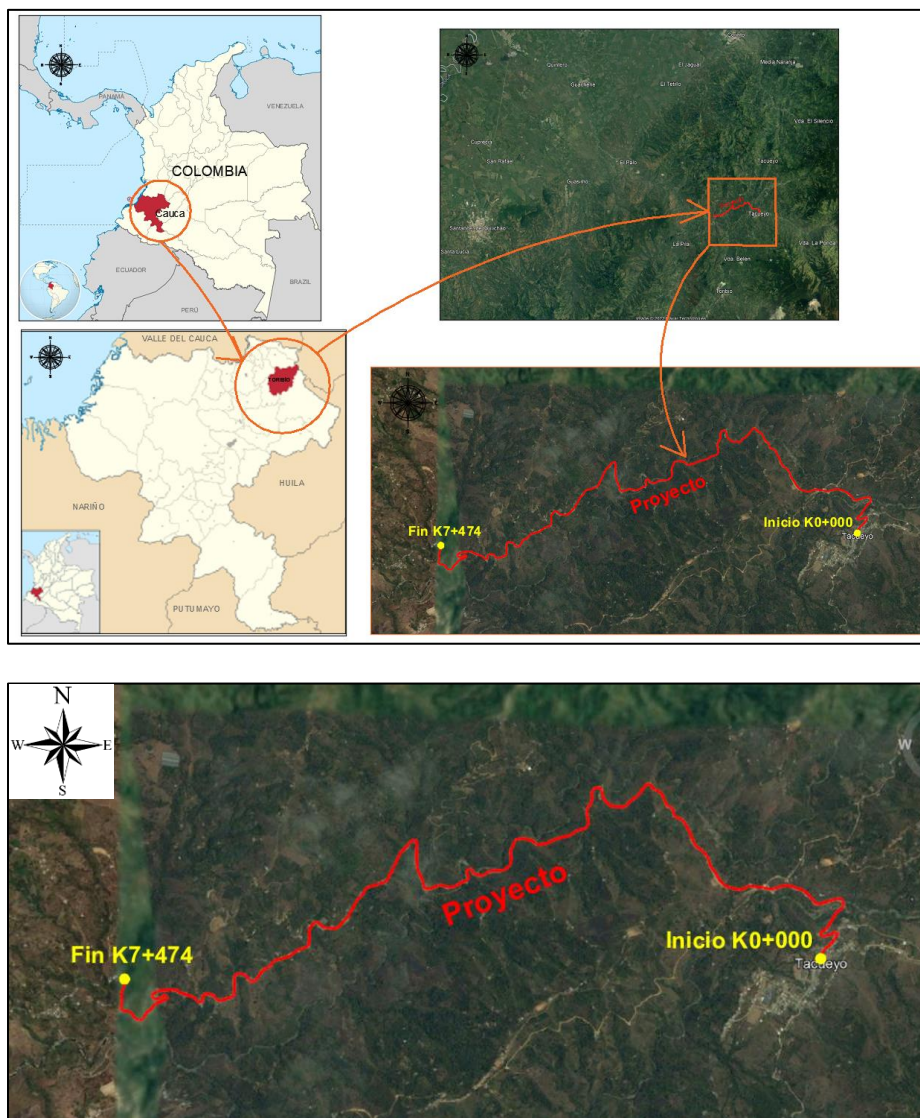
Nota. Adaptado del plano de localización del corredor. Fuente: Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico, Consorcio vías nacionales (2024).

Tramo vial: Tacueyó – Rionegro

Municipio: Toribío (Cauca)

Figura 6

Localización del corredor Tacueyó – Rionegro



Nota. Adaptado del plano de localización del corredor. Fuente: Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico, Consorcio vías nacionales (2024).

5 ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante un lapso de 384 horas, distribuidas a lo largo de 4 meses, se brindó apoyo en los proyectos de consultoría de la empresa DHELTA INGENIERÍA CIVIL S.A.S, desempeñando el rol de auxiliar de ingeniería. En este contexto, se participó activamente en la realización de diversas actividades propias de cada proyecto.

A lo largo de esta experiencia, se aplicaron conocimientos y habilidades adquiridas en la formación académica, bajo la supervisión directa de especialistas, quienes brindaron orientación técnica y apoyo en la ejecución de las tareas, permitiendo el desarrollo de habilidades específicas en el ámbito profesional.

Durante la práctica, se utilizaron herramientas de modelado y coordinación como Revit, AutoCAD y Navisworks para tareas de modelación, determinación de cantidades, detección de interferencias y realización de simulaciones constructivas. Además, se emplearon herramientas como Excel y Sagut para apoyar el análisis de costos y elaboración de presupuestos, y TOPO3 para la determinación de la afectación predial generada por los proyectos viales.

A continuación, se describen de manera general las actividades realizadas durante este periodo, las cuales se desarrollan en profundidad en el capítulo 6:

5.1 Modelación de elementos y extracción de entregables en Revit

Se utilizó el software Revit para la modelación de elementos y extracción de entregables, materializados mediante la generación de algunos de los planos del proyecto de hangares de Cotecmar (Vistas en planta, secciones, vistas 3D y detalles).

5.2 Detección de interferencias en Navisworks

Mediante la herramienta Clash Detective del software Navisworks, se participó como apoyo en la integración, coordinación, identificación y resolución de interferencias entre las

especialidades del proyecto de Cotecmar (arquitectura, estructura, sistema de voz y datos, sistema eléctrico, hidráulico, mecánico, red de gas, apantallamiento, etc).

5.3 Elaboración de simulaciones constructivas

Usando Navisworks y su herramienta TimeLiner , se contribuyó a integrar el factor tiempo a través de la programación de obra al modelo tridimensional del hangar LP2-E1 del proyecto de Cotecmar.

5.4 Determinación de cantidades y presupuesto

Con el objetivo de cuantificar las cantidades de obra, como insumo fundamental para la elaboración del presupuesto, se apoyó en la generación de tablas de cuantificación a partir de modelos digitales y en el cálculo de cantidades de obra de manera tradicional, mediante formatos de Excel. También se participó en la consolidación del documento de presupuesto, a partir de los análisis de precios unitarios (APUs) proporcionados por el especialista.

5.5 Identificación y cuantificación de afectación predial

En relación con los proyectos viales, se participó en el cálculo de afectación predial mediante la superposición del diseño geométrico vial con los planos prediales obtenidos a partir de la plataforma del IGAC. Como resultado de este proceso se generaron fichas, tablas y planos de afectación predial para los tramos viales.

6 CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE TRABAJO

6.1 GENERACIÓN, INTEGRACIÓN Y COORDINACIÓN DE MODELOS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE HANGARES DE COTECMAR

En el marco de la metodología BIM se brindó apoyo en la generación y actualización del modelo de información de la disciplina hidráulica de las líneas de producción LP2 E1 y LP3, en lo referente al sistema de suministro de agua potable, sistema pluvial y red contra incendios según los diseños e indicaciones del especialista, y en cumpliendo de los requerimientos establecidos en la hoja de ruta para el equipo del proyecto o Plan de Ejecución BIM (BEP). De igual forma se asistió en la integración de los modelos segregados o individuales en un modelo federado por hangar, en el chequeo de interferencias entre especialidades, obtención de cantidades, generación de planos y realización de simulaciones constructivas de los hangares que conforman el proyecto.

Cada actividad realizada bajo la supervisión y aprobación de los especialistas responsables.

6.1.1 Actividad 1. Actualización y generación del modelo BIM de la especialidad hidráulica

La implementación de la metodología BIM en el desarrollo del proyecto de los hangares de Cotecmar requería la creación de modelos de información para cada una de las especialidades que integraban las edificaciones, conforme a los requerimientos de información establecidos. Al inicio de la práctica, varios de estos modelos como los arquitectónicos y estructurales ya presentaban un desarrollo avanzado, aunque seguían en proceso de perfeccionamiento. No obstante, otros modelos como el de la especialidad hidráulica mostraban un progreso más limitado, como se detallará en secciones posteriores, lo que generaba la necesidad avanzar en su desarrollo, con el desafío que esto implicaba.

En este contexto, la actividad consistió en apoyar la generación y actualización de los modelos de los sistemas hidráulicos de los hangares, con un enfoque específico en la especialidad hidráulica. Para cumplir con esta tarea, se asumió uno de los cuatro roles descritos en la “Guía de roles y perfiles en la metodología BIM” del BIM Forum Colombia (2024), denominado Modelador BIM.

De acuerdo con la guía, las principales responsabilidades del modelador BIM son:

- Modelar elementos agregando o actualizando la información requerida según los requerimientos establecidos.
- Crear modelos de información ajustándose a las normas y objetivos establecidos en el BEP y en los criterios de flujo de trabajo del proyecto BIM.
- Crear contenido de modelado BIM específico de la disciplina.
- Desarrollar entregables y extraer datos basados en la plataforma BIM de la disciplina.
- Desarrollar el modelo de información para una disciplina de diseño específica.

A continuación, se describe el proceso de modelado general utilizado para la modelación de cada uno de los sistemas hidráulicos. La particularidades encontradas en cada uno ellos se describirán en las secciones correspondientes.

6.1.1.1 Proceso general de modelado. Para la generación y actualización de los modelos de las redes de suministro de agua potable, red contra incendios y red de drenaje, se siguió el siguiente procedimiento:

6.1.1.1.1 Revisión del Plan de Ejecución BIM del proyecto (BEP). Un documento fundamental para el modelador BIM es el BEP, que debe ser comprendido a fondo para asegurar que el trabajo este alineado con los objetivos y requisitos del proyecto. Por lo tanto, en el desarrollo de esta actividad el primer paso, primordial en el proceso, consistió en la revisión del Plan de ejecución BIM, garantizando así una comprensión clara de los requisitos específicos del proyecto antes de iniciar cualquier tarea de modelación (ver Figura 7)

Figura 7

Portada del documento BIM Execution Plan del proyecto



Nota. Tomada del Plan de Ejecución BIM elaborado para el proyecto. Fuente: Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Entre los principales requisitos establecidos en el Plan de Ejecución BIM, destacaba la necesidad de generar el modelo BIM a un LOD 350 mediante el uso del software Revit en su versión 2022, y las directrices específicas de modelado contenidas en apartado denominado “Modelo hidrosanitario, gas, incendio y mecánico”, que especificaban:

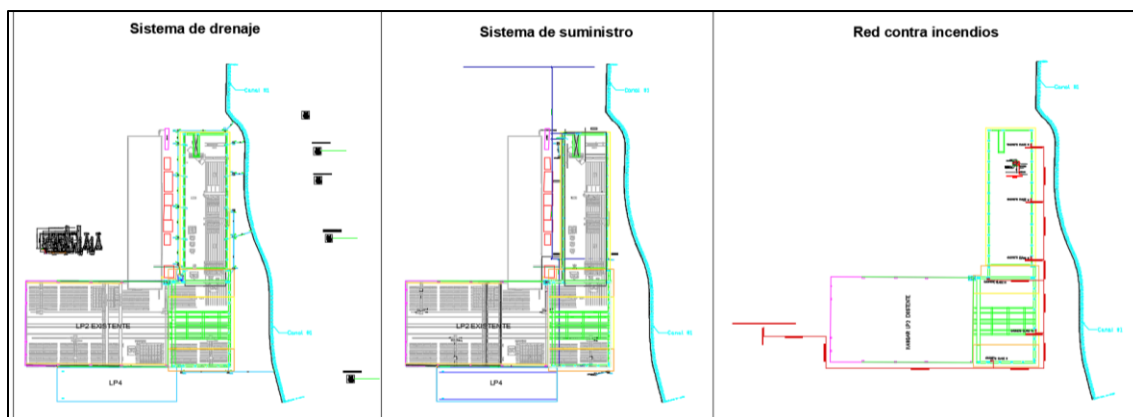
- Todos los elementos deben estar asignados a un sistema, que va a corresponder a las subdisciplinas del modelo. De igual forma, cada sistema debe estar identificado con un color para su respectiva visualización
- Se deben colocar uniones dependiendo del largo comercial de material de tubos y acoples a comprar para la construcción.
- Las librerías de familias de tubería a usar deben corresponder con las medidas de su fabricante, se recomienda el uso de la plantilla de Pavco obtenida a través en su página web e incorporarlas dentro del template usado como base antes de comenzar a modelar.

- Todos los accesorios deben ser comerciales actualmente, las reducciones entre tuberías deben corresponder a los respectivos cambios comerciales que existen. No se pueden generar conexiones genéricas que creen incongruencias en los accesorios de compra.

6.1.1.1.2 Revisión de la información de referencia existente: La generación de los modelos puede realizarse utilizando planos de referencia, si están disponibles, o sin ellos. En este caso, los planos y detalles CAD habían sido proporcionados por el especialista hidráulico (ver Figura 8), por lo tanto, se utilizaron como base para la modelación en Revit de cada uno de los sistemas. Esto implicó, como segundo paso, la necesidad de revisar estos documentos para comprender adecuadamente la configuración de cada sistema.

Figura 8

Planos CAD de referencia



Nota. La figura muestra los planos CAD de referencia proporcionados por el especialista hidráulico para la modelación en Revit de los sistemas. Fuente: Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.1.1.3 Revisión del modelo BIM existente. El modelo BIM de la especialidad hidráulica ya presentaba cierto desarrollo. Dado que era necesario generar y actualizar un modelo en el cual no se había trabajado, el procedimiento a seguir consistió en realizar una inspección visual detallada de los sistemas modelados. Como se verá la sección 6.1.1.2, esta

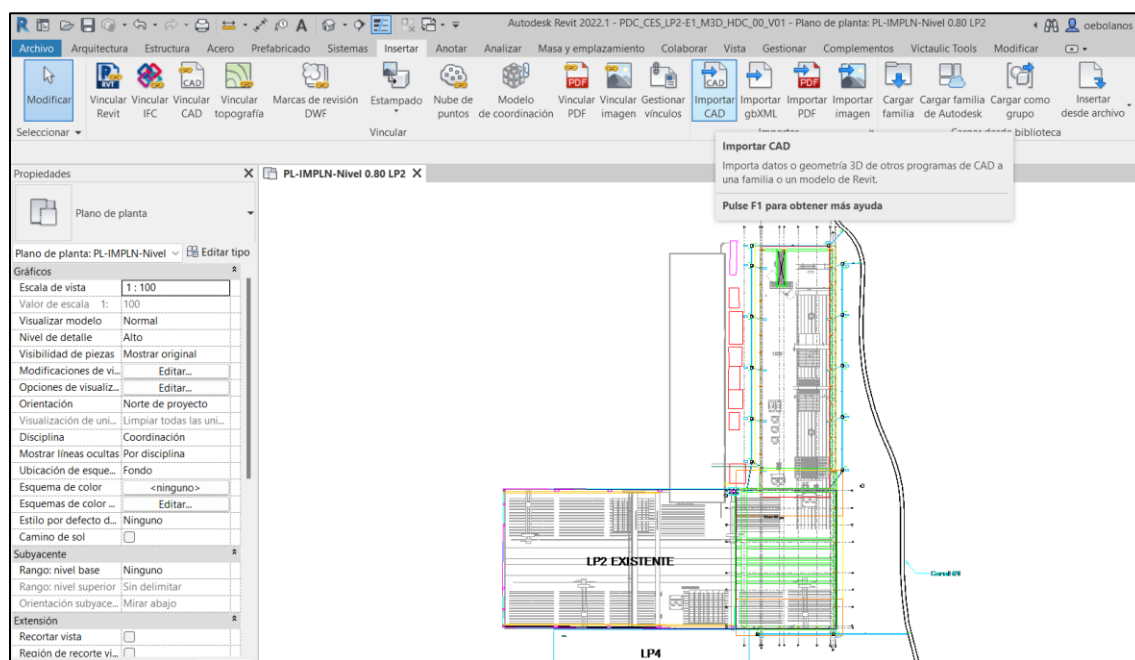
revisión no solo permitió comprender como se había trabajado hasta ese momento, sino también identificar conflictos e incongruencias en la modelación existente.

6.1.1.1.4 Modelación y actualización de los sistemas. Finalmente, una vez comprendida la información disponible y con el objetivo de llevar a cabo la modelación y actualización de los sistemas, y en concordancia con lo descrito en el Plan de Ejecución BIM para la especialidad hidráulica, se desarrolló un proceso que implicó:

- Importar los planos de referencia a Revit para cada uno de los sistemas, utilizando la opción de importar CAD, como base para la modelación (ver Figura 9).

Figura 9

Importación del plano CAD de referencia a Revit

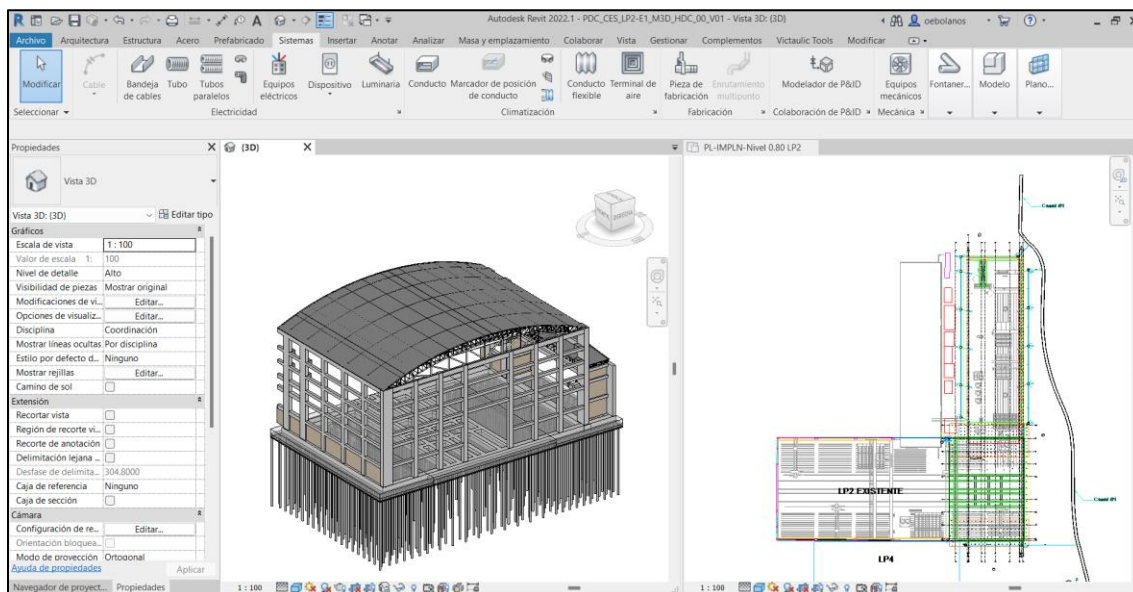


Nota. La figura muestra la importación del plano CAD de referencia proporcionado por el especialista hidráulico para la modelación en Revit del sistema. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Vincular los modelos BIM de arquitectura y estructura a cada uno de los archivos de Revit correspondientes a la especialidad hidráulica, como referencia para la modelación (ver Figura 10).

Figura 10

Vinculación de los modelos BIM de arquitectura y estructura para LP2-E1



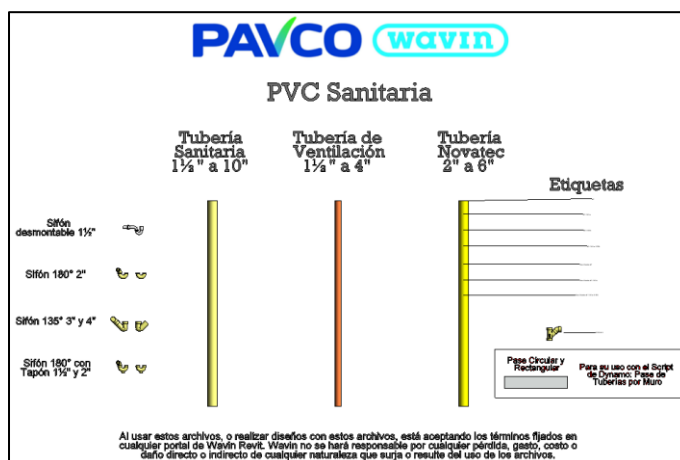
Nota. La figura muestra la vinculación de los modelos BIM de arquitectura y estructuras, como referencia para la modelación del sistema hidráulico. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Descargar e importar las plantillas de tuberías y accesorios de PAVCO específicas para cada sistema, conforme a la recomendación del BEP, aprovechando así la ventaja de trabajar con elementos comerciales cuyas propiedades se ajustan a las especificaciones encontradas en el mercado (ver Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14).

Tubería utilizada para el sistema de drenaje

Figura 11

Librería BIM Pavco Wavin para tubería PVC sanitaria

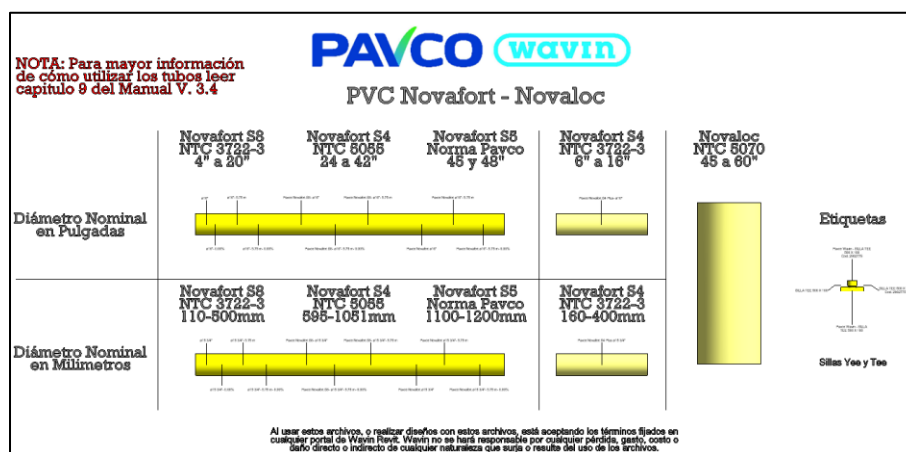


Nota. Figura ilustrativa adaptada de las librerías BIM de Pavco Wavin para Colombia. Fuente:

Pavco wavin (<https://pavcowavin.com.co>) (2024).

Figura 12

Librería BIM Pavco Wavin para tubería Novafort y Novaloc



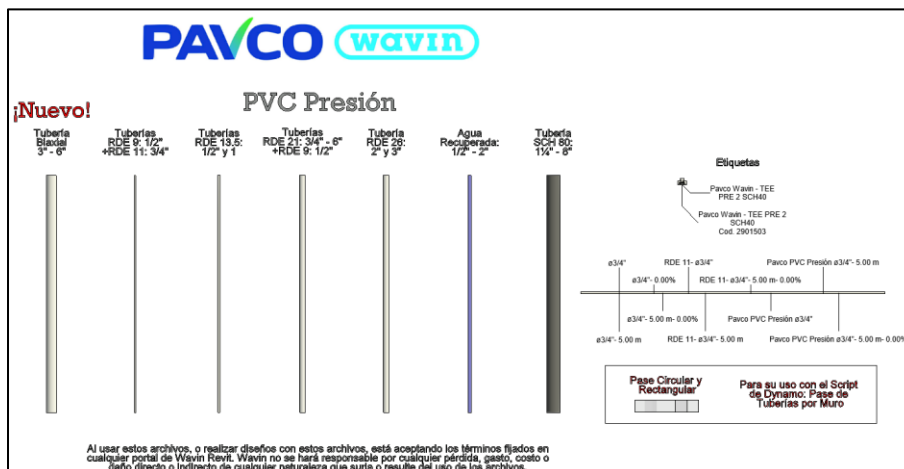
Nota. Figura ilustrativa adaptada de las librerías BIM de Pavco Wavin para Colombia. Fuente:

Pavco wavin (<https://pavcowavin.com.co>) (2024).

Tubería utilizada para el sistema de suministro de agua potable

Figura 13

Librería BIM Pavco Wavin para Tubería PVC Presión

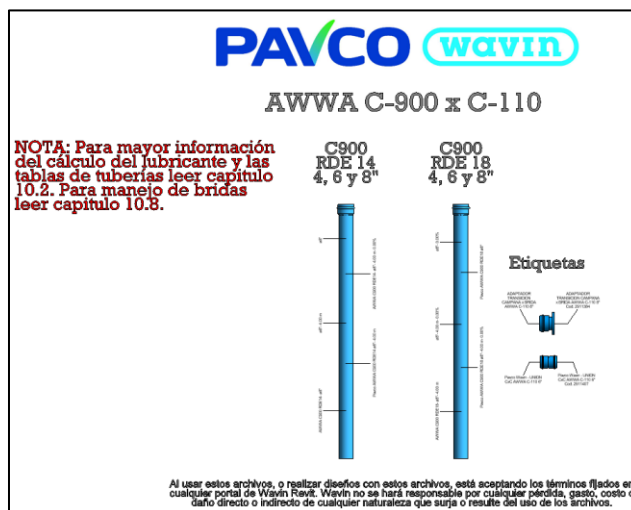


Nota. Figura ilustrativa adaptada de las librerías BIM de Pavco Wavin para Colombia. Fuente: Pavco wavin (<https://pavcowavin.com.co>) (2024).

Tubería utilizada para la red contra incendios

Figura 14

Librería BIM Pavco Wavin AWWA C900

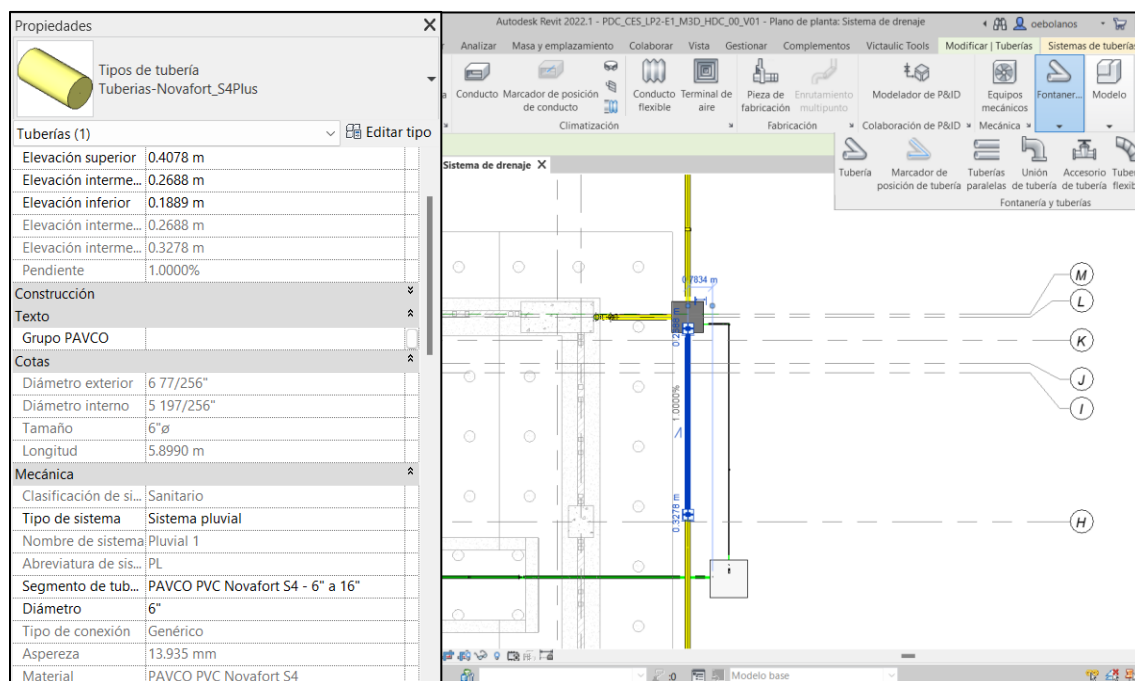


Nota. Figura ilustrativa adaptada de las librerías BIM de Pavco Wavin para Colombia. Fuente: Pavco wavin (<https://pavcowavin.com.co>) (2024).

- Modelar la tubería en Revit mediante la selección del tipo de tubería, definición del diámetro, indicación de pendiente (solo para el sistema de drenaje), definición del tipo de sistema e ingreso de las cotas de elevación de la tubería para cada sistema (ver Figura 15).

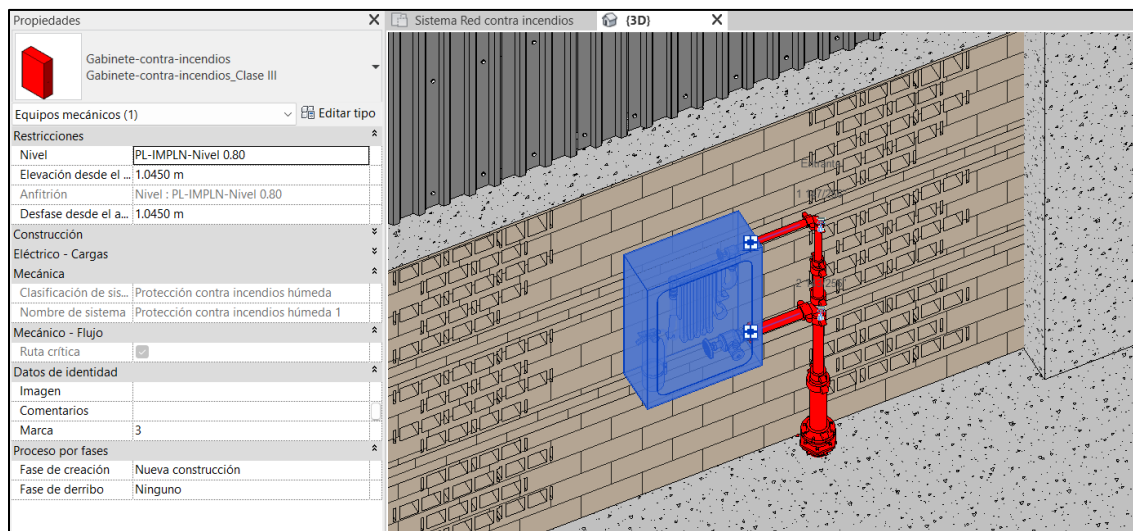
Figura 15

Modelación de tubería



Nota. La figura muestra de manera esquemática la modelación de un tramo de tubería de longitud comercial. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Descargar e importar familias de elementos necesarios para complementar la modelación, a través de plataformas como BIM object. Esto incluye elementos como gabinetes contra incendios, bombas sumergibles, bebederos, kit de transición, entre otros (ver Figura 16).

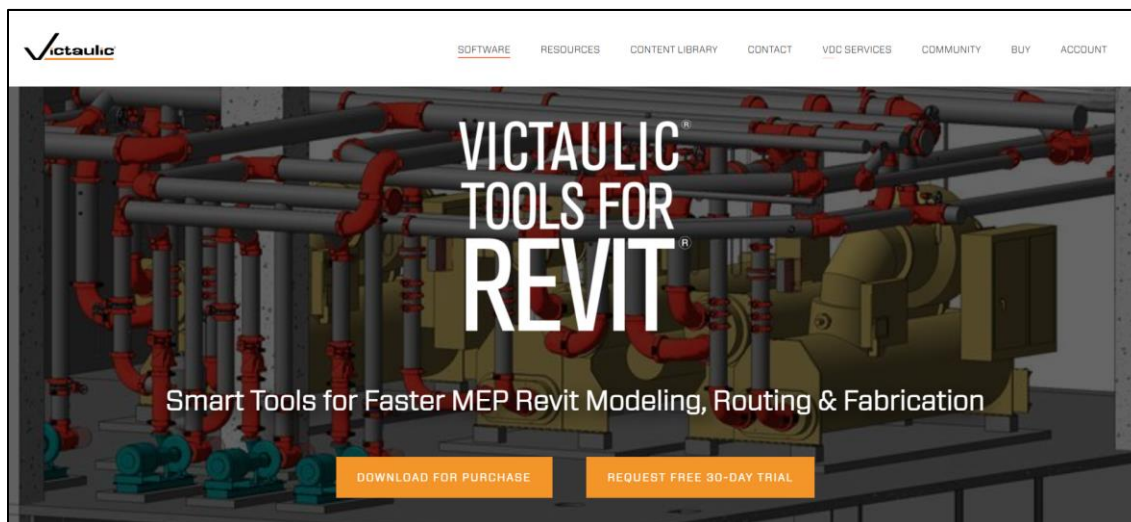
Figura 16*Importación de familia de gabinete contra incendios al modelo BIM*

Nota. La figura muestra la utilización de una de las familias de elementos importadas al modelo, para complementar la modelación de la red contra incendios. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Crear familias de elementos específicos de la especialidad, como se describe en la sección 6.1.1.5
- Utilizar complementos específicos para la modelación de elementos puntuales de la red contra incendios, dada la particularidad de los elementos utilizados en este sistema y la ausencia de ellos en la librerías de PAVCO (ver Figura 17).

Figura 17

Complemento de Victaulic para Revit



Nota. Ilustración del software utilizado para la modelación de parte de la red contra incendios.

Fuente: Victaulic (VictaulicSoftware.com) (2024).

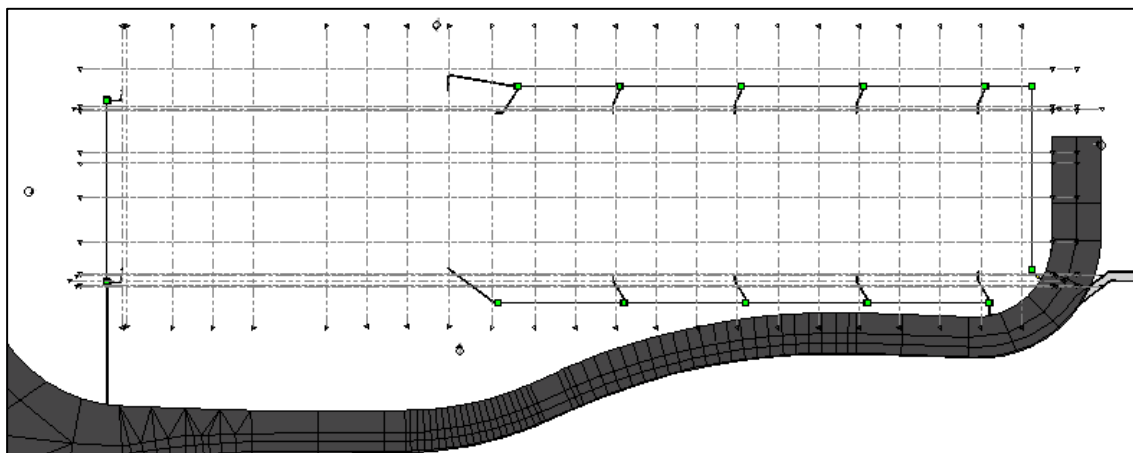
Durante todo el proceso de modelado un aspecto clave a resaltar fue la importancia de mantener una comunicación fluida y constante con el equipo involucrado en el proyecto. A medida que se identificaban inconvenientes, se informaba al especialista responsable, quien, tras definir una solución, procedía a comunicarla para su respectivo ajuste en el modelo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación, así como las particularidades encontradas durante el desarrollo de cada uno de los sistemas.

6.1.1.2 Sistema de drenaje pluvial. Para el momento del inicio del desarrollo de la práctica, el sistema de drenaje pluvial ya contaba con una modelación preliminar tanto para LP2 E1 como LP3. En la Figura 18 y Figura 19 se puede observar el sistema en su conjunto, aunque en la realidad corresponden a dos modelos BIM independientes, uno por cada edificación.

Figura 18

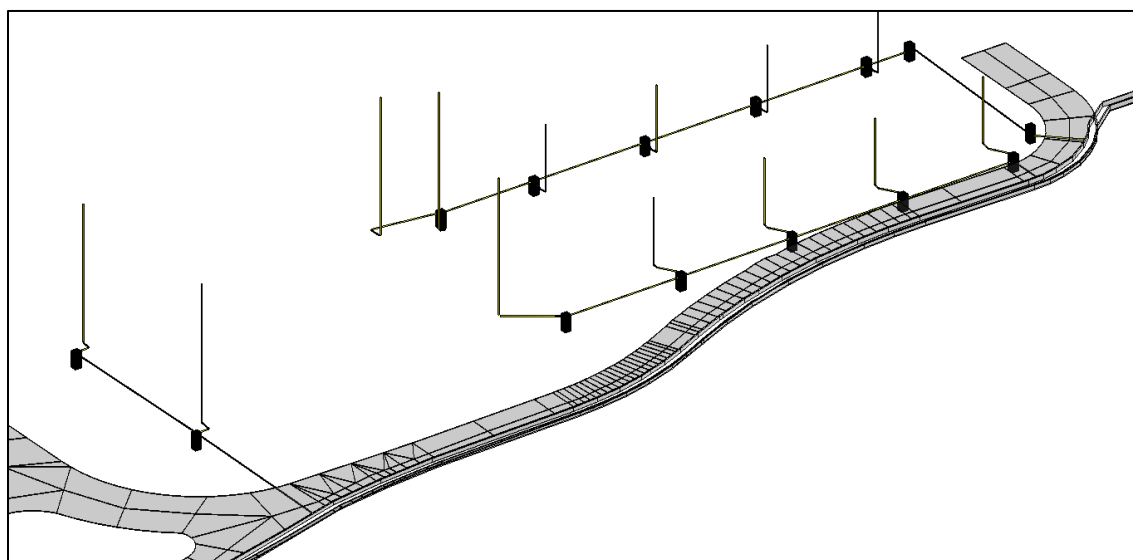
Vista en planta del modelo inicial agrupado del sistema pluvial de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista en planta del sistema de drenaje existente, previo al inicio de la modelación de los sistemas. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 19

Modelo inicial 3D agrupado del sistema pluvial de LP2 E-1 y LP3



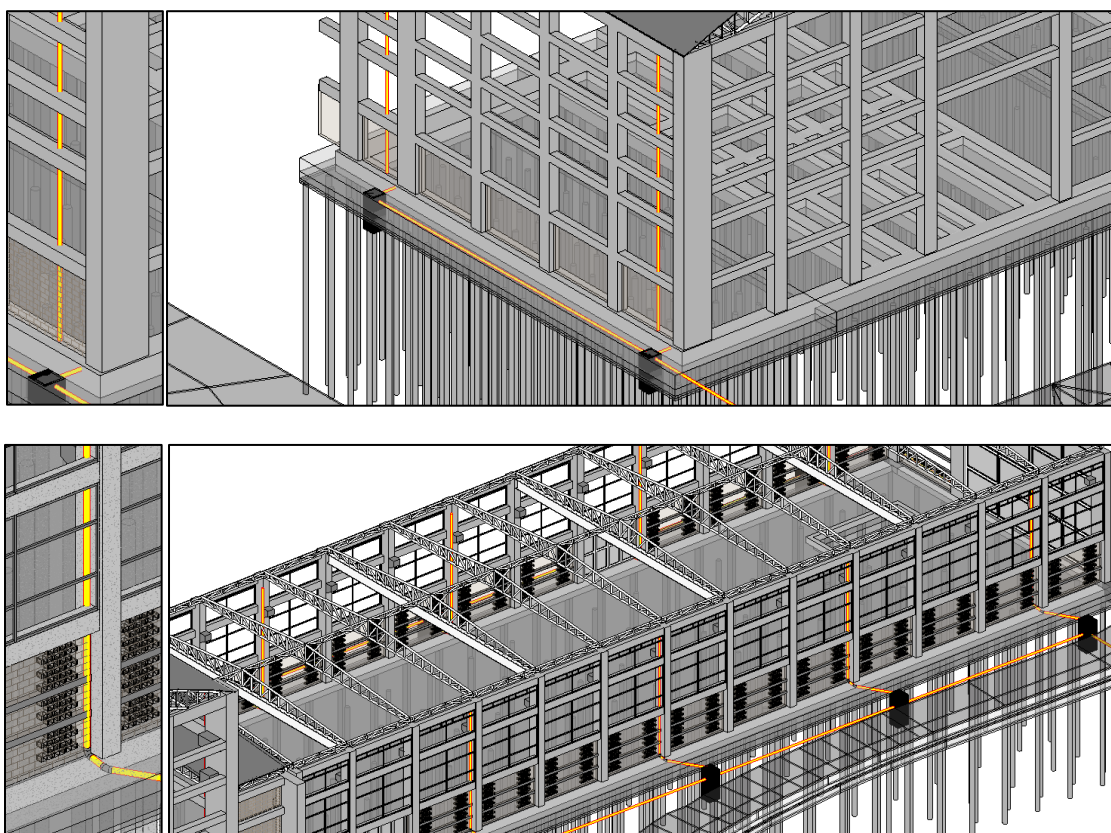
Nota. La figura muestra una vista 3D del sistema de drenaje existente, previo al inicio de la modelación de los sistemas. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Durante la revisión detallada de la modelación del sistema, tanto individualmente como en conjunto con los modelos BIM de arquitectura y estructura, se identificaron diversos problemas e incongruencias. Entre estos hallazgos se incluyen:

- Los bajantes de 6" atravesaban los muros y vigas estructurales en ambas edificaciones (ver Figura 20).

Figura 20

Bajantes pluviales atravesando muros arquitectónicos y vigas estructurales, en LP2 E1 y LP3

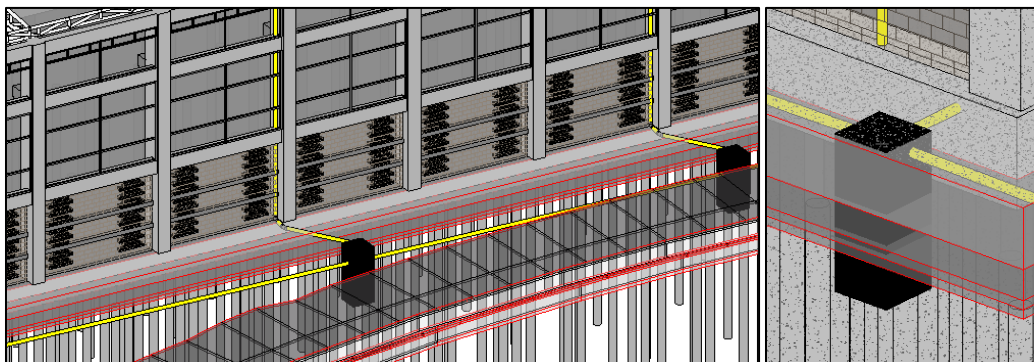


Nota. La figura muestra la detección visual de un conflicto entre las disciplina hidráulica, estructural y arquitectónica en ambos hangares. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Se detectaron cajas de inspección dentro de la losa de cimentación con una altura excesiva (ver Figura 21).

Figura 21

Cajas de inspección dentro de la losa de cimentación y con altura excesiva

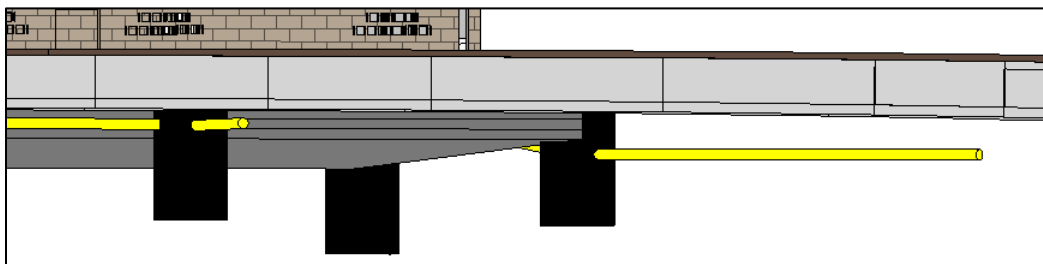


Nota. Ingreso de las cajas de inspección a la losa estructural de hormigón. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Algunas de las tuberías de descarga del sistema pluvial hacia el canal se encontraban por debajo de la solera (ver Figura 22).

Figura 22

Tubería de descarga pluvial por debajo de la cota del fondo del canal

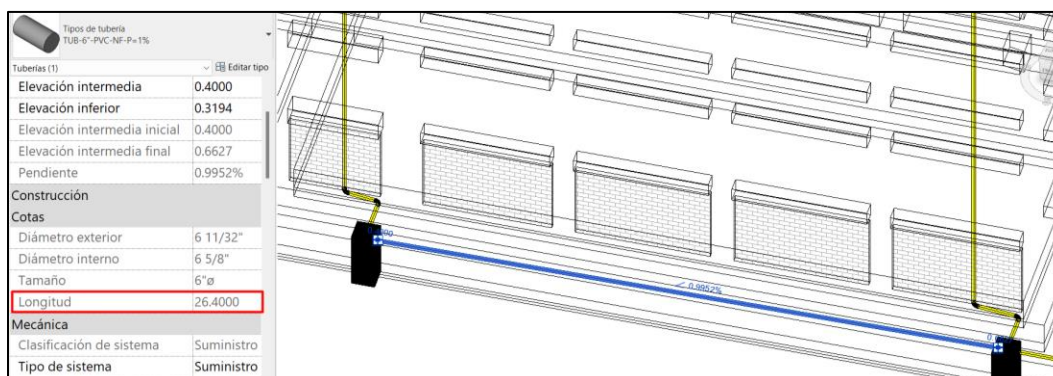


Nota. Las tuberías de descarga al canal principal del sistema de drenaje estaban llegando a una cota inferior a la de la solera del canal. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Las tuberías modeladas eran de tipo genérico, sin dimensiones comerciales, y carecían de las uniones o accesorios disponibles en el mercado, tal como lo requería en el plan de ejecución BIM (ver Figura 23)

Figura 23

Elementos modelados sin dimensión comercial, sin presencia de uniones

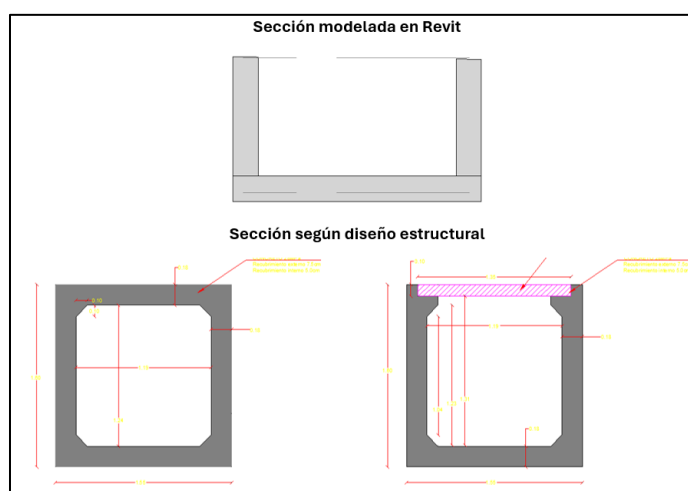


Nota. La modelación inicial no contemplaba elementos de tipo comercial, ya que se utilizaron elementos genéricos propios de Revit. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- La sección del canal principal no coincidía con la especificada en el diseño estructural (ver Figura 24).

Figura 24

Discrepancia entre sección de canal modelada



Nota. La sección del canal modelado difería en forma y dimensiones de la indicada por el especialista estructural. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Plano de diseño estructural, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Si bien varios de estos problemas podían solucionarse mediante ajustes en la modelación, el desafío más complejo se presentó con la descarga del sistema al canal. Ante esta situación, se informó al especialista responsable del diseño, quien, una vez comunicado, procedió a realizar las modificaciones necesarias. Estas modificaciones resultaron en una reconfiguración significativa del sistema.

Entre los cambios realizados se incluyeron:

- Ajustes en las pendientes y diámetros de las tuberías.
- Modificaciones en las cotas de clave y batea.
- La creación de nuevo canal en el sector occidental de LP3.
- La adición de válvulas plásticas antirretorno (chapaletas).
- La instalación de varios Box Couverts

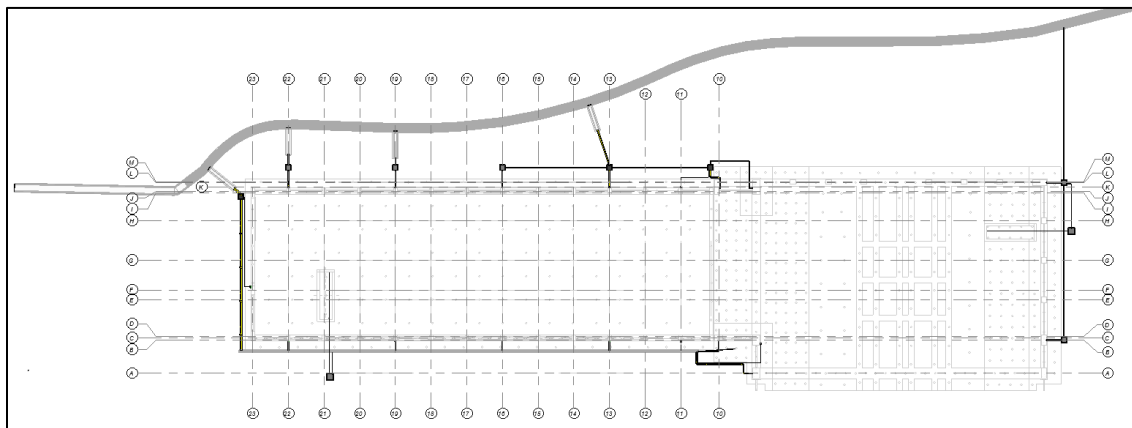
Durante este proceso, previa autorización del especialista y bajo su supervisión, se ajustó el modelo a las nuevas características, con la libertad de realizar pequeños ajustes en el recorrido de la tubería y la posición de la cajas de inspección, especialmente aprovechando la facilidad de visualización espacial que los modelos 3D vinculados con otras especialidades ofrecían. Este enfoque era más eficiente que trabajar únicamente con planos de planta, ya que aseguraba la compatibilidad del sistema y evitaba interferencias con elementos de otras disciplinas o con estructuras existentes.

Como resultado de este proceso, el sistema de drenaje fue reconfigurado de manera que se resolvieron los problemas de modelación y de descarga al canal. La nueva configuración incorporo elementos inicialmente no contemplados como la bomba sumergible y las chapaletas, además de usar tuberías con dimensiones comerciales, uniones y accesorios. Esto permitió obtener un modelo mejor desarrollado y compatibilizado con las otras disciplinas involucradas.

Los resultados finales de este proceso se muestran en la Figura 25, Figura 26 y Figura 27.

Figura 25

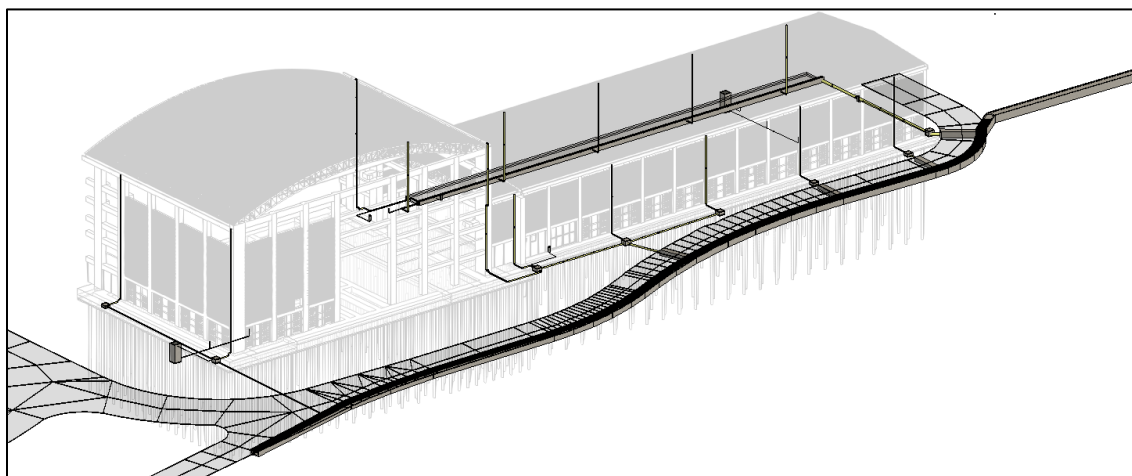
Vista en planta en conjunto del modelo del sistema de drenaje de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista en planta general del modelo definitivo del sistema de drenaje, posterior al proceso de actualización del modelo. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 26

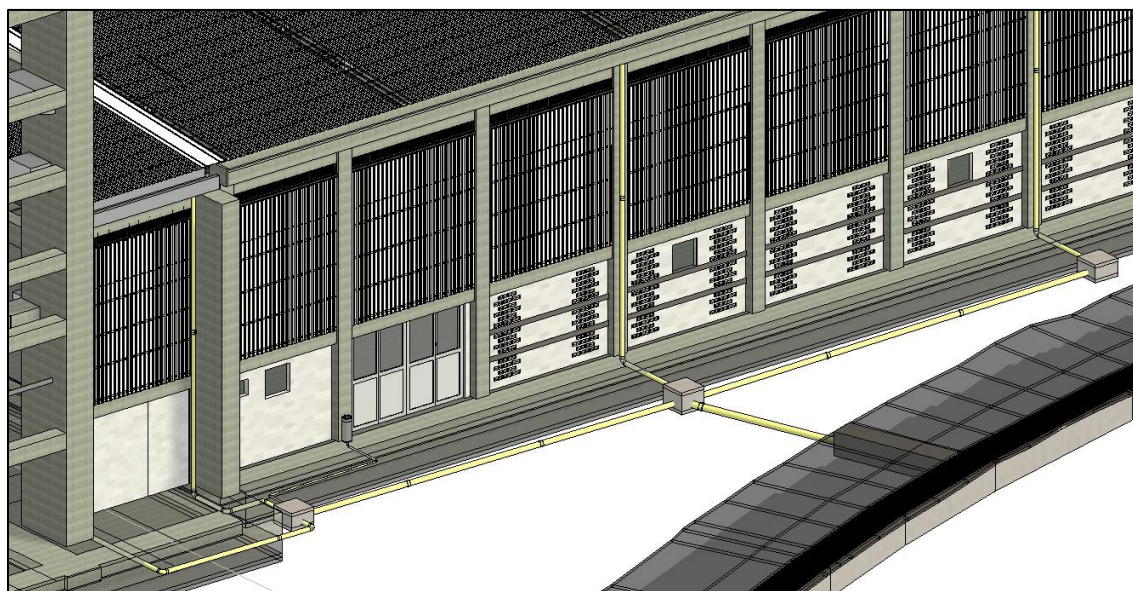
Vista 3D en conjunto del modelo del sistema de drenaje de LP2 E1 y LP3 referenciado a los modelos estructurales y arquitectónicos



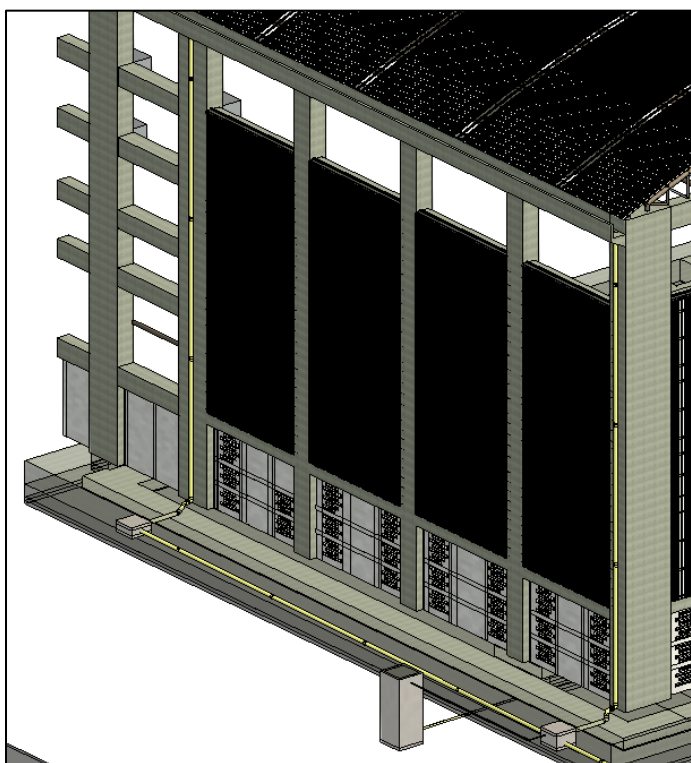
Nota. La figura muestra una vista 3D general del modelo definitivo del sistema de drenaje, posterior al proceso de actualización del modelo. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 27

Detalle e información alfanumérica generada en la modelación del sistema de drenaje



Propiedades	
	Tipos de tubería Tubería_PVC-Sanitaria-(6m)
Tuberías (1) Editar tipo	
Restricciones	
Justificación horizontal	Centro
Justificación vertical	Parte superior
Nivel de referencia	PL-IMPLN-Nivel 0.80
Elevación superior	-0.1500 m
Elevación intermedia	-0.2341 m
Elevación inferior	-0.3473 m
Elevación intermedia inicial	-0.2341 m
Elevación intermedia final	-0.2632 m
Pendiente	1.0000%
Construcción	
Texto	
Grupo PAVCO	
Cotas	
Diámetro exterior	6 5/8"
Diámetro interno	6 15/32"
Tamaño	6"ø
Longitud	2.9027 m
Mecánica	
Clasificación de sistema	Sanitario
Tipo de sistema	Sistema pluvial
Nombre de sistema	Pluvial 6
Abreviatura de sistema	PL
Segmento de tubería	PAVCO PVC Sanitaria - 1.1/2..
Diámetro	6"
Tipo de conexión	
Aspereza	0.046 mm
Material	PAVCO PVC Sanitaria



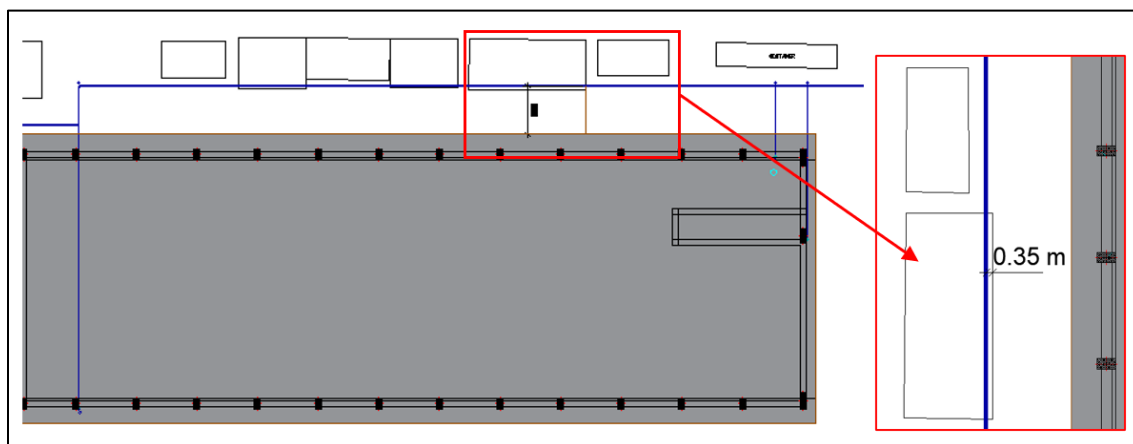
Nota. La figura muestra, a modo de ejemplo, el detalle gráfico y la información alfanumérica (datos) generados en la modelación de los elementos del sistema. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.1.3 Sistema de suministro de agua potable. A diferencia del sistema de drenaje, el sistema de suministro no contaba con una modelación previa. Por lo tanto, se requería generar una modelación del sistema desde el inicio, utilizando la información proporcionada por el especialista.

En este caso, la modelación del sistema, conforme se describió en el proceso general de modelado, no presento mayores inconvenientes. Sin embargo, si requirió un pequeño ajuste en su trazado, previa autorización del especialista, con el fin de evitar interferencias con las estructuras existentes y con aquellas que se construirían posteriormente (ver Figura 28). Esta ventaja fue posible gracias a la integración con el modelo de sitio y otras disciplinas, así como a la visualización 3D de los sistemas en su conjunto, lo que facilito la identificación de posibles conflictos.

Figura 28

Trazado inicial del sistema de suministro

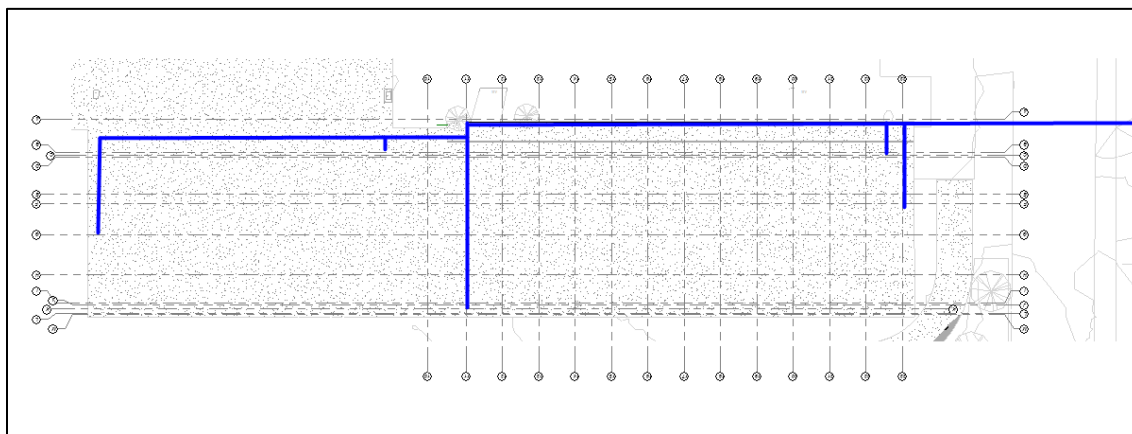


Nota. El trazado inicial de la tubería de suministro de agua potable interfería con las estructuras existentes, conforme se muestra en el plano de implantación CAD. Fuente: Plano CAD de referencia, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

El resultado de este proceso de modelación se muestra en la Figura 29, Figura 30 y Figura 31.

Figura 29

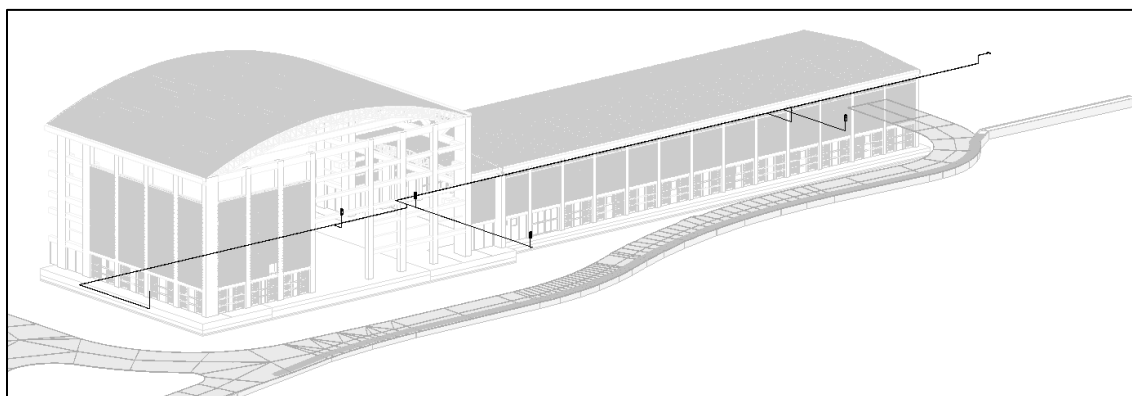
Vista en planta en conjunto del sistema de suministro de agua potable de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista en planta general del modelo definitivo del sistema de suministro de agua potable. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

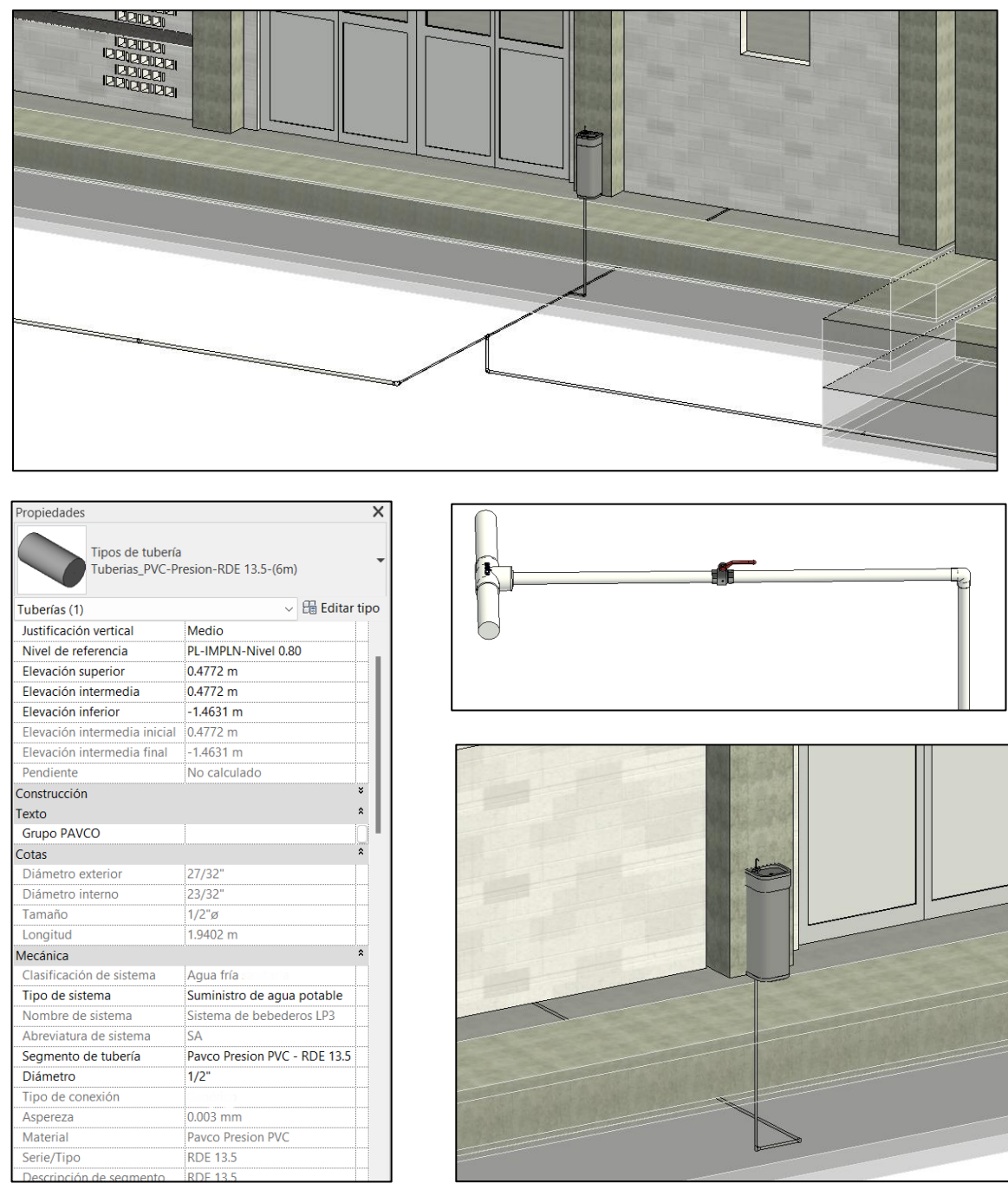
Figura 30

Vista 3D en conjunto del modelo del sistema de suministro de agua potable de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista 3D general del modelo definitivo del sistema de suministro de agua potable. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 31
Detalle e información alfanumérica generada en la modelación del sistema de drenaje



Nota. La figura muestra, a modo de ejemplo, el detalle gráfico y la información alfanumérica (datos) generados en la modelación de los elementos del sistema de suministro. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.1.4 Red contra incendios. Al igual que el sistema de suministro, la red contra incendios no poseía una modelación previa, por lo que se procedió a crearla con la información suministrada por el especialista.

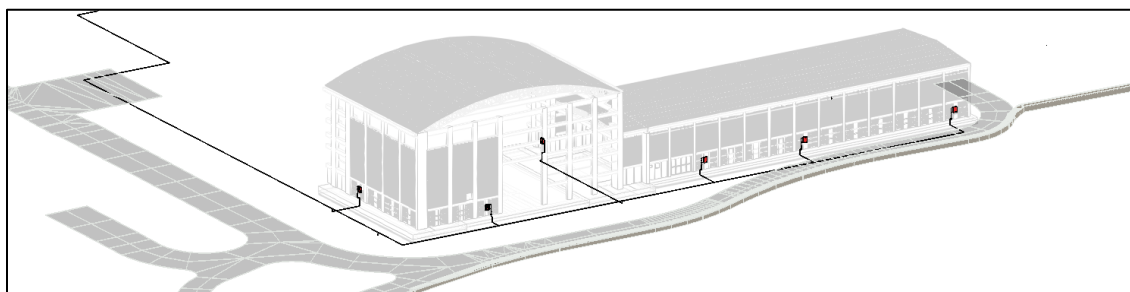
Durante el proceso de modelado no se presentaron inconvenientes significativos. Sin embargo, se identificó una particularidad importante: la red estaba compuesta por tuberías de distintos materiales. La primera de ellas, la tubería enterrada, correspondía a PVC C900, para la cual se utilizó la librería de PAVCO. La segunda consistía en tubería de acero al carbono, utilizada para las conexiones a los gabinetes contra incendio clase III.

Debido a la diferencia en materiales y tipos de conexiones y accesorios (Codos, bushing, tee, etc.), además de la librería de PAVCO, fue necesario descargar un complemento especializado de Victaulic para facilitar la modelación de la sección de tubería en acero (ver Figura 17). Este proceso implicó un desafío en el manejo de la herramienta, aunque fue superado fácilmente con la formación adecuada. Además, fue esencial descargar familias de elementos específicos para la red contra incendios, como los gabinetes y el kit de transición C900/AC que permitieran cumplir con el LOD objetivo.

El resultado final de la modelación del sistema se presenta en la Figura 32, Figura 33 y Figura 34.

Figura 32

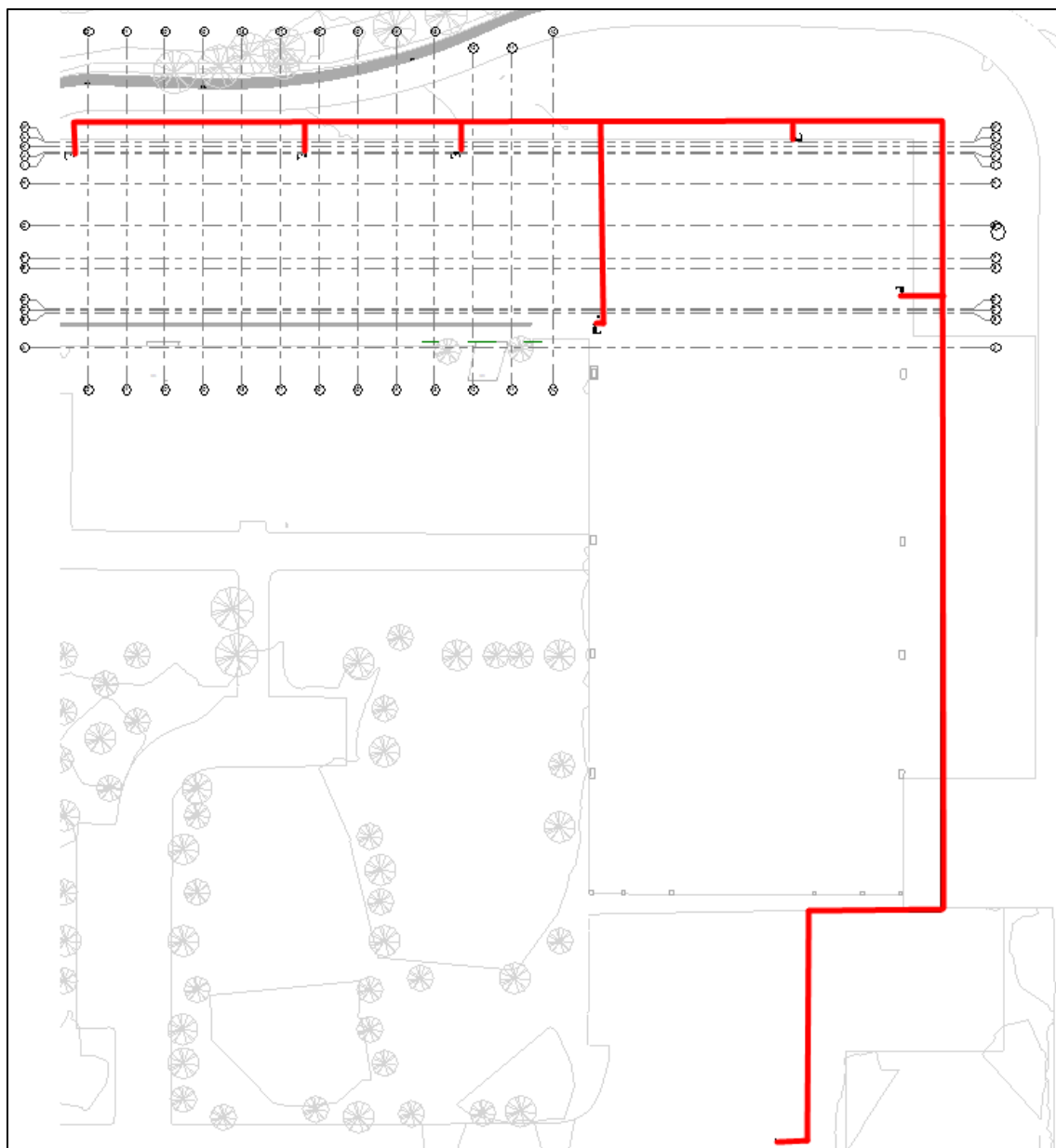
Vista 3D en conjunto del modelo de la red contra incendios de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista 3D general del modelo de la red contra incendios. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 33

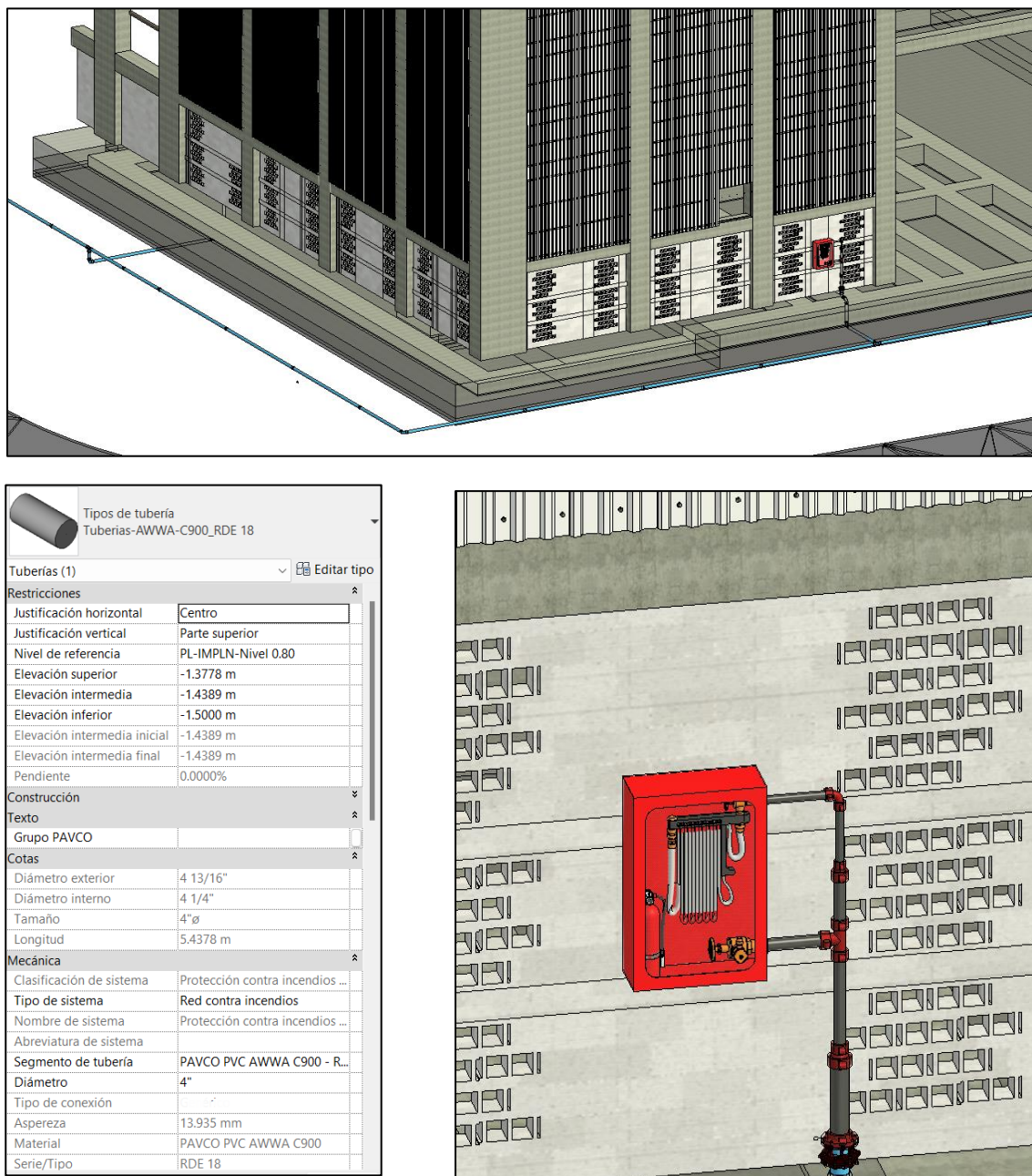
Vista en planta en conjunto de la red contra incendios de LP2 E1 y LP3



Nota. La figura muestra una vista en planta general del modelo definitivo de la red contra incendios. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 34

Detalle gráfico e información alfanumérica generados en la modelación de la red contra incendios



Nota. La figura muestra, a modo de ejemplo, el detalle gráfico y la información alfanumérica (datos) generados en la modelación de los elementos de la red contra incendios. Fuente:

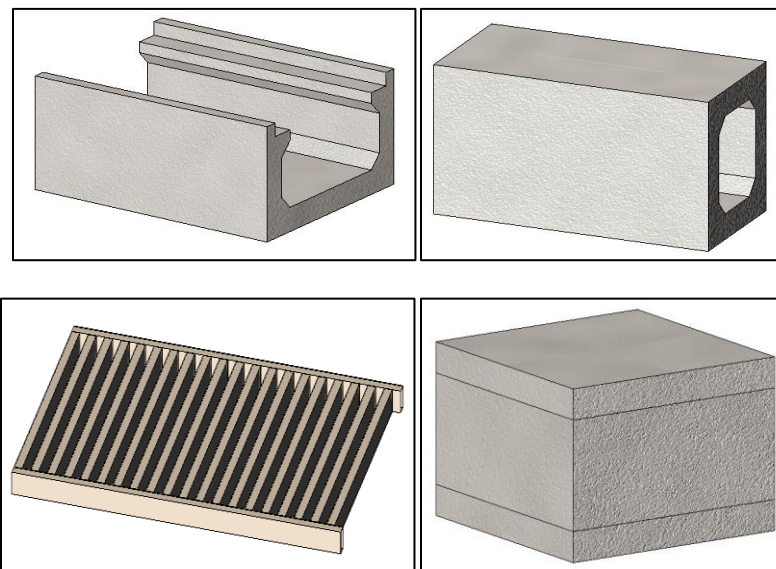
Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.1.5 Creación de familias paramétricas. Aunque la mayoría de los elementos necesarios para los sistemas hidráulicos se podían obtener a través de plataformas específicas para descargar contenido, como BIMObject, no todos los tipos de familias estaban disponibles en línea. Por lo tanto, considerando que una de las responsabilidades y competencias del modelador BIM es la creación de contenido específico de la disciplina, fue necesario desarrollar familias de elementos adicionales para complementar los modelos requeridos. Entre estas familias se incluyeron:

- Secciones de canales según diseño estructural (ver Figura 35).
- Rejillas (ver Figura 35).
- Box Couverts (ver Figura 35).
- Cajas de inspección y de achique (ver Figura 35).

Figura 35

Familias de elementos creadas

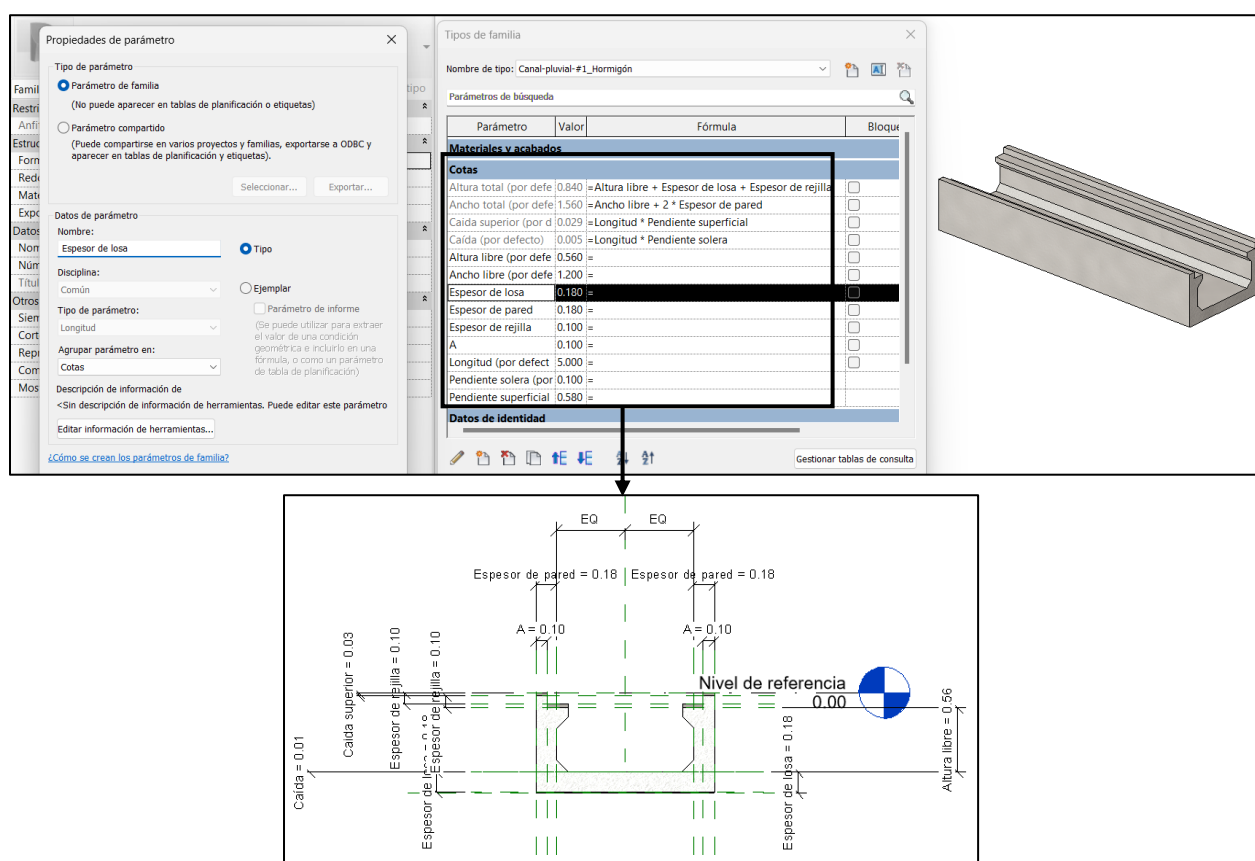


Nota. Familias paramétricas desarrolladas en el transcurso de la modelación de los sistemas hidráulicos a partir de plantillas de familias de Revit. Fuente: Revit, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

El propósito general fue crear familias paramétricas, es decir, un tipo de familia cuyas dimensiones y propiedades podían modificarse mediante parámetros ajustables. De este modo, no era necesario crear nuevas familias cada que se presentaba una variante. Por ejemplo, los canales modelados fueron parametrizados según las necesidades específicas del proyecto (ver Figura 36), lo que permitió ahorrar tiempo y ofrecer flexibilidad durante el proceso de modelado.

Figura 36

Parámetros de familia creados para el canal pluvial principal



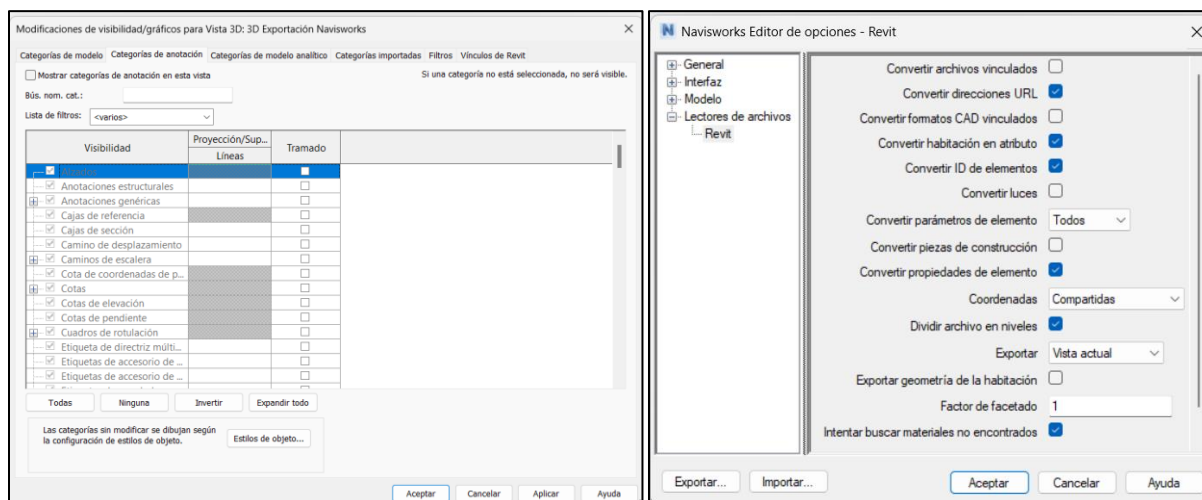
Nota. Ilustración de la generación de planos de referencia y parámetros en el desarrollo de la familia paramétrica del canal pluvial. Fuente: Revit, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Para un mayor detalle y revisión de los modelos de información de esta especialidad se adjunta el Apéndice A. Modelos BIM – Especialidad hidráulica (Digital), el cual contiene videos que muestran los modelos generados en Revit para el proyecto.

6.1.2.1 Proceso de generación de los modelos federados. El proceso de creación de estos modelos federados comenzó con la exportación de los modelos BIM de Revit de cada disciplina al formato NWC (Navisworks Cache). Aunque este proceso parecía sencillo, el verdadero desafío consistía en asegurarse que cada modelo fuera exportado correctamente, ya que cualquier error podría afectar la integración posterior. Para superar esto, se realizaba una configuración precisa de la vista de Revit a exportar, garantizando así una correcta integración de los modelos (ver Figura 38).

Figura 38

Configuración de exportación del modelo Revit a Navisworks



Nota. La figura muestra las configuraciones realizadas para la exportación de los modelos BIM de Revit al formato NWC de Navisworks. Fuente: Elaboración propia a partir de Revit y Navisworks.

Una vez exportados, los modelos fueron integrados en un conjunto de archivos Navisworks en formato NWF (Navisworks File Set). Finalmente, el archivo resultante era exportado a un archivo portable en formato NWD (Navisworks Document).

Como ejemplo de este proceso, se presenta el procedimiento realizado para LP2 E1 mediante un diagrama de conversión de los archivos de las especialidades que integraban el

hangar. Es importante destacar que la generación del modelo federado de LP3 sigue los mismo pasos ilustrados en el diagrama presentado en la Figura 39.

Figura 39

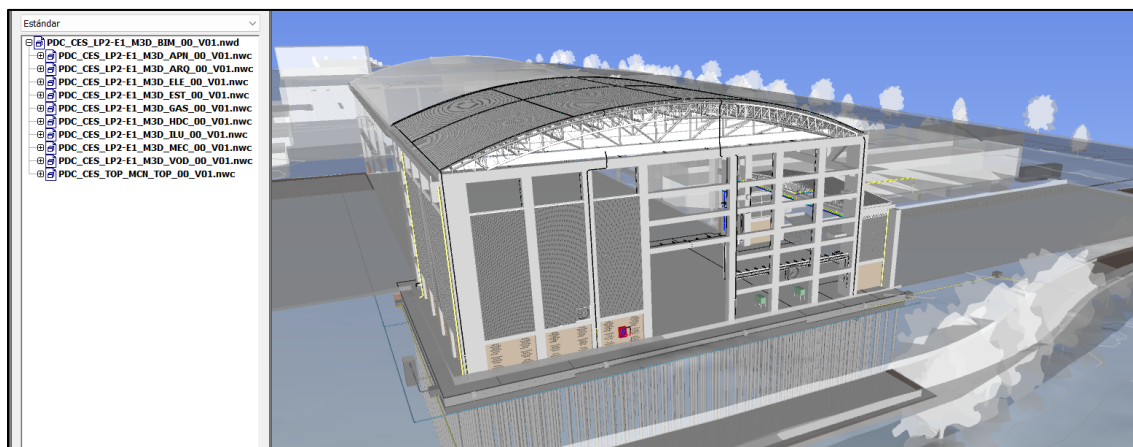
Proceso de generación del modelo federado de LP2 E1



Nota. La figura ilustra el proceso de conversión de los modelos de las disciplinas para la generación del modelo federado del hangar. Fuente: Elaboración propia.

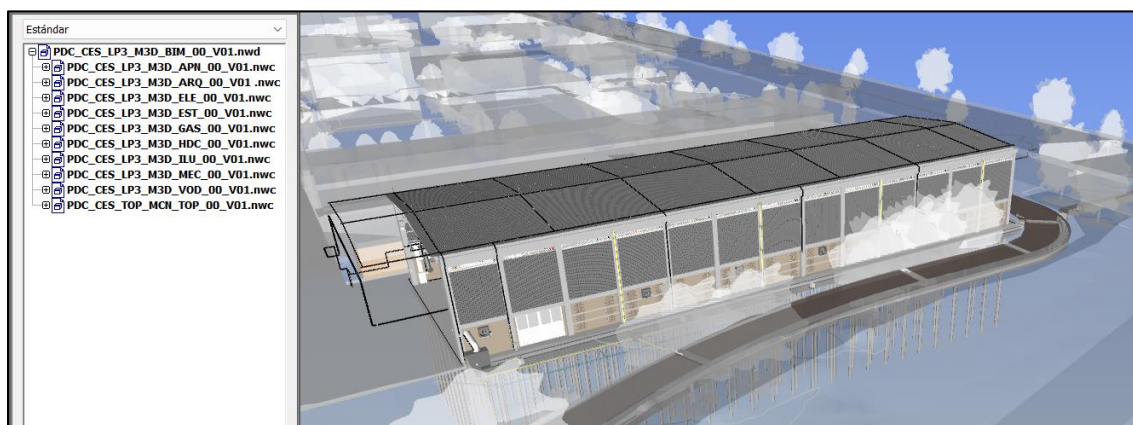
Como resultado del procedimiento expuesto previamente se obtuvieron:

- Modelo federado de la línea de producción 2 extensión 1 (ver Figura 40).

Figura 40*Modelo federado de LP2 E1*

Nota. La figura muestra de forma visual el resultado de integrar las disciplinas de diseño del hangar LP2 E1. Fuente: Modelo federado PDC_CES_LP2-E1_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Modelo federado de la línea de producción 3 (ver Figura 41).

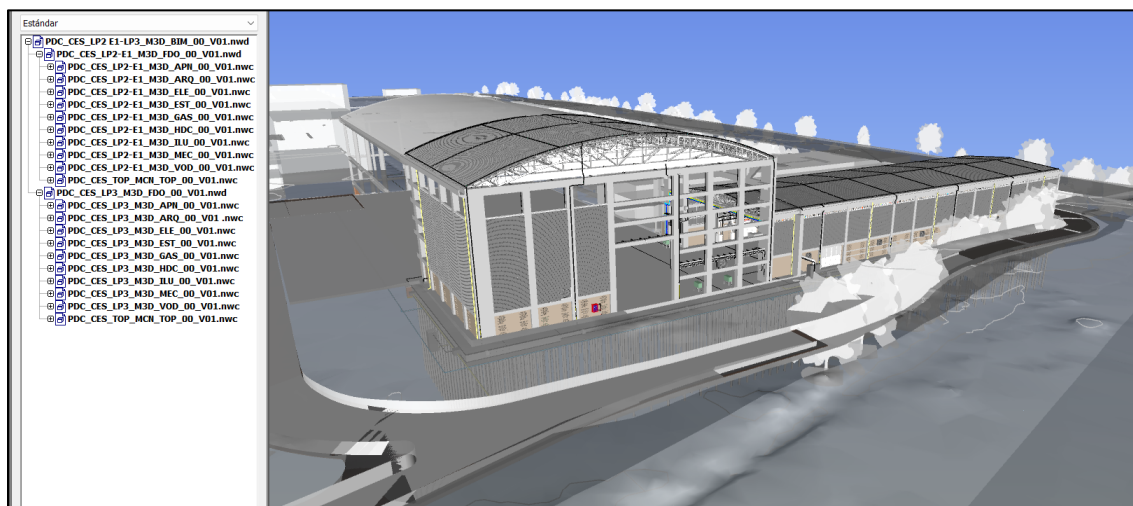
Figura 41*Modelo federado de LP3*

Nota. La figura muestra de forma visual el resultado de integrar las disciplinas de diseño del hangar LP3. Fuente: Modelo federado PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

- Modelo general de proyecto (ver Figura 42).

Figura 42

Modelo federado de LP2 E1 y LP3 en conjunto



Nota. La figura muestra de forma visual el resultado de integrar los modelos federados de las líneas de producción LP2 E1 y LP3. Fuente: Modelo federado PDC_CES_LP2 E1 – LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

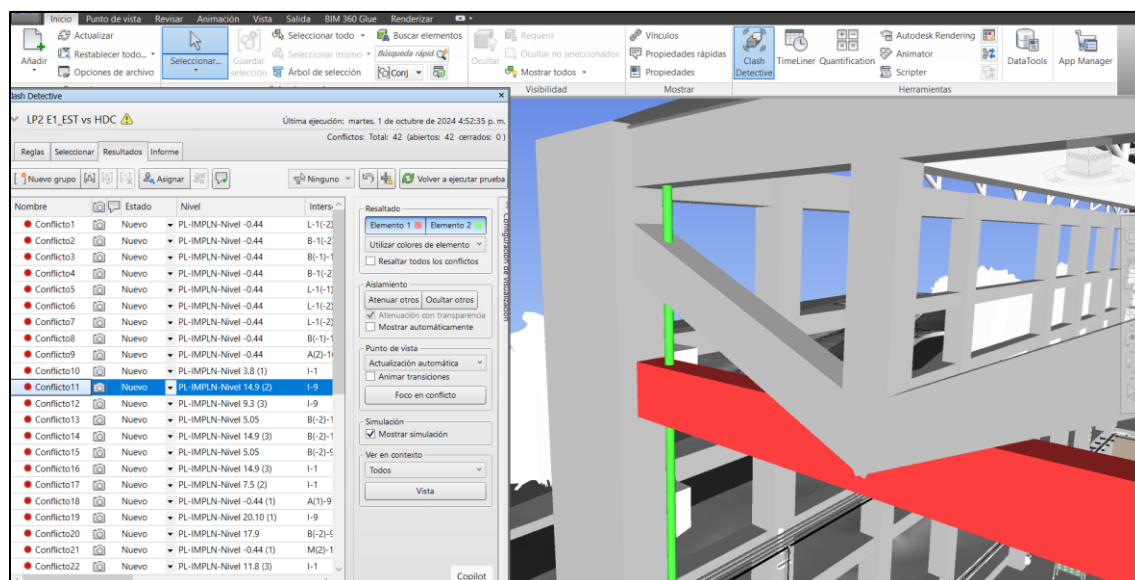
Para facilitar una mejor comprensión y visualización, se adjunta el Apéndice B. Modelos federados (Digital), que incluye videos de los modelos federados de cada una de las edificaciones, así como del modelo general del proyecto.

6.1.3 Actividad 3. Determinación de interferencias entre especialidades

Durante el desarrollo del proyecto, uno de los procesos clave durante la generación de los modelos BIM y que constituye un beneficio de esta metodología fue lo que la “Guía de usos BIM” del BIM Forum Colombia (2024) denomina detección de interferencias. Este proceso es uno de los 12 usos generales de modelos de información BIM, y abarca dos usos específicos: la *detección de colisiones* y la *coordinación de modelos de diseño 3D*, fundamentales para las fases de diseño y construcción.

La detección de interferencias es un proceso que se utilizó para identificar y resolver conflictos entre los componentes o disciplinas que conformaban el proyecto, por ejemplo, entre el sistema eléctrico y el sistema mecánico, antes de llegar a la etapa de construcción. Esta práctica permitió verificar la compatibilidad entre los distintos modelos de las diferentes disciplinas involucradas y facilitó la coordinación entre los distintos equipos de trabajo. En el caso de la líneas de producción LP2 E1 y LP3, fue fundamental en la coordinación entre los modelos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, eléctricos, de voz y datos, el sistema de apantallamiento, el sistema de iluminación y el sistema mecánico.

6.1.3.1 Descripción general del proceso. El proceso consistió en apoyar la integración de los modelos segregados de las disciplinas como se mostró en la sección 6.1.2 , con el fin de identificar los elementos que ocupaban el mismo espacio físico o que presentasen conflicto entre sí. Para ello, aunque este análisis podría realizarse mediante inspección visual, como se mostró en la sección 6.1.1, se utilizó un análisis automatizado empleando software especializado. En este proyecto, Navisworks y su herramienta Clash Detective (ver Figura 43) conforme a lo determinado en plan de ejecución BIM que establecía “Identificar y corregir interferencias que se presenten en la coordinación de los diseños, arquitectónicos, estructurales y técnicos, generando listas de interferencias y Clash Detective”.

Figura 43*Herramienta Clash Detective*

Nota. Ilustración del uso de la herramienta Clash Detective, empleada para la determinación de interferencias entre disciplinas. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2 E1_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

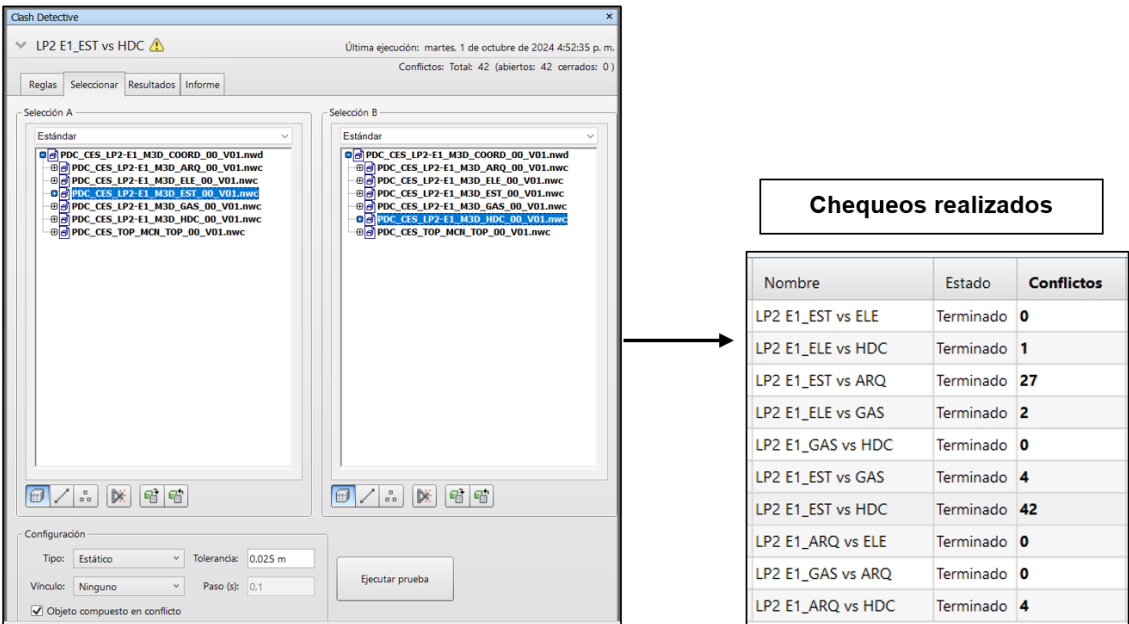
Una vez identificados los conflictos durante cada revisión, estos se comunicaban a los especialistas responsables para que tomaran las decisiones pertinentes. Posteriormente el modelador responsable de cada disciplina plasmaba los ajustes en el modelo de considerarse necesario.

6.1.3.2 Ejemplo de detección de interferencias: Primer y tercer chequeo. Para ilustrar como este proceso contribuyó a la mejora del proyecto, se presentarán dos de las revisiones en las que se tuvo participación: el primer y el tercer chequeo de interferencias. Durante estas revisiones, se integraron los modelos BIM de cada edificación, con el objetivo principal de determinar posibles conflictos entre las distintas especialidades involucradas en el proyecto.

6.1.3.2.1 Primer chequeo de interferencias. En el primer chequeo, el objetivo principal era identificar posibles conflictos entre las redes del proyecto, y en general, detectar incompatibilidades o incongruencias entre las distintas especialidades involucradas. Para ello, se utilizaron los modelos BIM disponibles en ese momento para realizar la revisión.

Como se indicó en la Figura 39 los modelos fueron integrados en un espacio común, lo que permitió la creación de listas de chequeo entre las disciplinas para las que ya se habían generado modelos, según la edificación. El proceso se llevó a cabo a través de la herramienta Clash detecte mediante la creación de pruebas y selección de las disciplinas a analizar (ver Figura 44).

Figura 44
Generación de prueba o chequeo entre modelos



Nota. Proceso de selección de disciplinas para generar la prueba de detección de interferencias. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2 E1_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

El resultado de las pruebas generadas durante la primera revisión tanto para LP2 E1 como LP3 se expone en la Figura 45.

Figura 45

Lista de chequeos realizados durante la primera revisión en LP2 E1 y LP3

Nombre	Estado	Conflictos
LP2 E1_EST vs ELE	Terminado	0
LP2 E1_ELE vs HDC	Terminado	1
LP2 E1_EST vs ARQ	Terminado	27
LP2 E1_ELE vs GAS	Terminado	2
LP2 E1_GAS vs HDC	Terminado	0
LP2 E1_EST vs GAS	Terminado	4
LP2 E1_EST vs HDC	Terminado	42
LP2 E1_ARQ vs ELE	Terminado	0
LP2 E1_GAS vs ARQ	Terminado	0
LP2 E1_ARQ vs HDC	Terminado	4

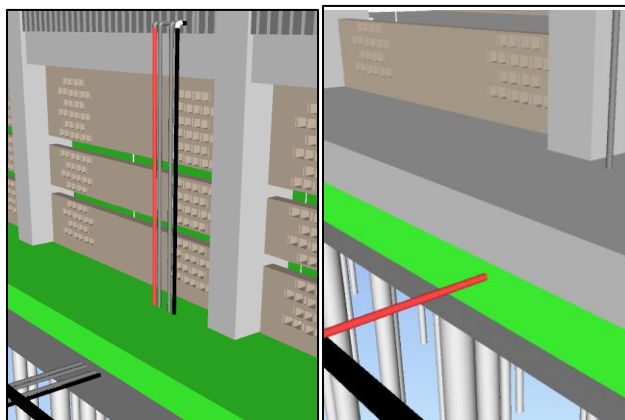
Nombre	Estado	Conflictos
LP3_EST vs ARQ	Terminado	27
LP3_MEC vs EST	Terminado	5
LP3_ELE vs MEC	Terminado	58
LP3_GAS vs EST	Terminado	15
LP3_EST vs HDC	Terminado	26
LP3_ELE vs EST	Terminado	0
LP3_ARQ vs ELE	Terminado	15
LP3_HDC vs ARQ	Terminado	10
LP3_ARQ vs MEC	Terminado	9
LP3_ELE vs GAS	Terminado	43
LP3_HDC vs ELE	Terminado	5
LP3_ARQ vs GAS	Terminado	1
LP3_GAS vs HDC	Terminado	0
LP3_MEC vs GAS	Terminado	27
LP3_HDC vs MEC	Terminado	1

Nota. Listas de chequeos realizadas durante la primera revisión en las líneas de producción LP2 E1 y LP3, con los modelos disponibles a la fecha de ejecución. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2 E1_M3D_BIM_00_V01, Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

De estas pruebas, es importante aclarar que no todos los conflictos detectados constituían una interferencia real, ya que algunas de las incompatibilidades corresponden a intersecciones necesarias en el modelado, denominadas *falsos positivos*. Por ejemplo, el paso de la tubería de gas de pequeño diámetro a través la losa de hormigón como se muestra en la Figura 46.

Figura 46

Intersecciones necesarias (falsos positivos)



Nota. La figura presenta ejemplos de conflictos identificados por Navisworks, clasificados como falsos positivos debido a la naturaleza de su generación. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

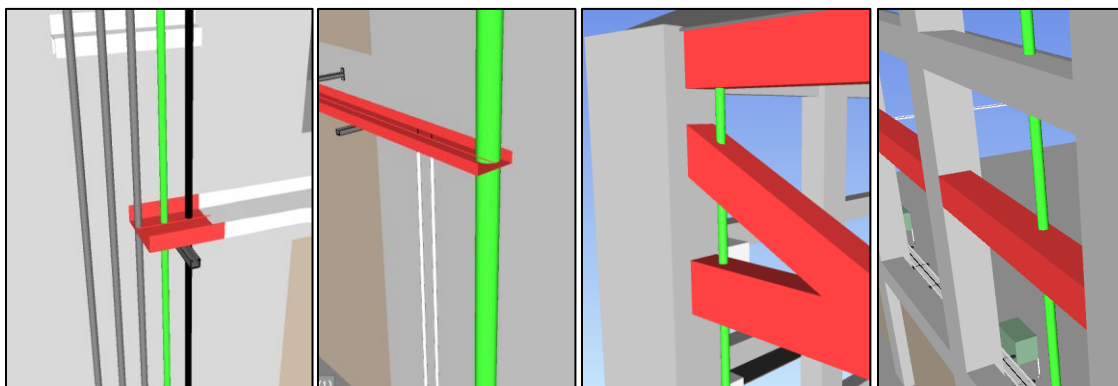
Realizada esta aclaración, entre las interferencias que, si fueron consideradas como tal, por mencionar algunas, se identificaron las siguientes:

- **Interferencias entre la red de gas y el sistema eléctrico:** Tubería de gas atravesando la bandeja de cables. (Ver Figura 47 y Figura 48)
- **Interferencias entre la red hidráulica y el sistema eléctrico:** Bajante pluvial atravesando la bandeja de cables. (Ver Figura 47 y Figura 48)
- **Interferencias entre el sistema estructural y la red hidráulica:** Bajantes pluviales traspasando las vigas estructurales. (Ver Figura 47)
- **Interferencias entre el sistema mecánico y la red de gas:** Tubería de gas ingresando al conducto mecánico de extracción de humos. (Ver Figura 48)
- **Inferencias entre el sistema mecánico y el sistema eléctrico:** Bandeja de cables atravesando el conducto de extracción de humos. (Ver Figura 48)

Nota. El listado de interferencias total puede consultarse a través de los informes HTML generados a partir de Clash Detective (ver Apéndice C. Informes de interferencias (Digital)).

Figura 47

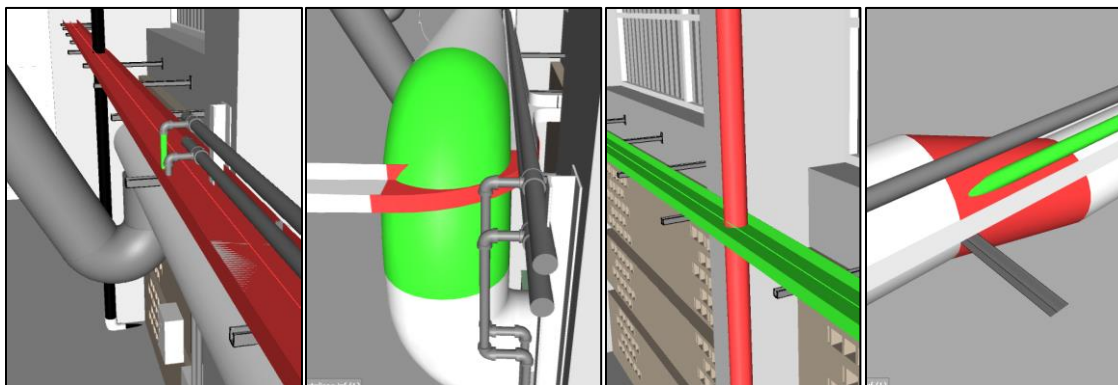
Conflictos detectados en LP2 E1



Nota. Ejemplos de conflictos identificados por Navisworks durante el primer chequeo interdisciplinar de la línea de producción LP2 E1. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2 - E1_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 48

Conflictos detectados en LP3



Nota. Ejemplos de conflictos identificados por Navisworks durante el primer chequeo interdisciplinar de la línea de producción LP3. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Todos estos conflictos fueron compilados en informes generados a través de la herramienta Clash Detective (ver Figura 49), los cuales resultaron fundamentales para que los especialistas tomaran decisiones informadas sobre las problemáticas detectadas durante las revisiones.

Figura 49

Informe de conflictos generado con Clash Detective

AUTODESK® NAVISWORKS® Informe de conflictos									
LP3_ELE vs MEC		Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo Estado
		0.025m	58	58	0	0	0	0	Estático Aceptar
			Elemento 1		Elemento 2				
Imagen	Nombre de conflicto	Punto de conflicto	ID de elemento	Capa	ID de elemento	Capa			
	Conflicto1	x:843673.360, y:1634129.566, z:4.759	ID de elemento: 812653	PL-IMPLN-Nivel 0.80 LP2	ID de elemento: 233995	PL-IMPLN-Nivel 0.00			
	Conflicto2	x:843673.489, y:1634175.366, z:4.817	ID de elemento: 812653	PL-IMPLN-Nivel 0.80 LP2	ID de elemento: 255553	PL-IMPLN-Nivel 11.8			
	Conflicto3	x:843673.286, y:1634175.357, z:4.762	ID de elemento: 812653	PL-IMPLN-Nivel 0.80 LP2	ID de elemento: 254897	PL-IMPLN-Nivel 11.8			

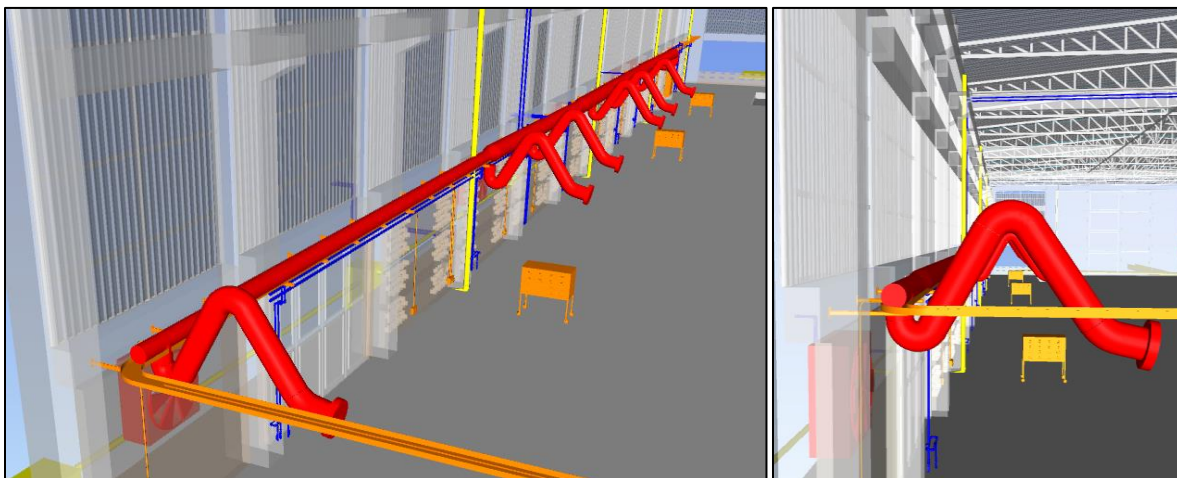
Nota. Ejemplo de los informes generados mediante Clash Detective compartidos con los especialistas responsables de los diseños. Fuente: Modelo

PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

En resumen, el primer chequeo reveló que existía una incompatibilidad debido a la coincidencia en la ubicación de varios sistemas, en particular, los de gas, electricidad, mecánica, voz y datos, así como por la posición del sistema de drenaje pluvial, como es observable en la Figura 50.

Figura 50

Conflictos generados por la ubicación de las redes en una misma posición



Nota. La figura presenta de forma visual la principal problemática detectada durante la primera revisión. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

En este caso específico, la solución propuesta por los especialistas consistió en realizar ajustes en los trazados de tuberías, redes eléctricas y el sistema mecánico de ventilación, como se reflejará en los resultados del tercer chequeo.

6.1.3.2.2 Tercer chequeo de interferencias. En el tercer chequeo se reflejan las mejoras producto de las revisiones previas y que de manera continua se realizaban a medida que se avanzaba en la producción y perfeccionamiento de los modelos BIM. El proceso realizado en esta revisión siguió los mismos procedimientos descritos en el primer chequeo, por lo tanto, no se considera necesario describir nuevamente las actividades, pues el enfoque serán los resultados obtenidos de la aplicación del uso BIM.

La principal diferencia en esta revisión radica en la cantidad de pruebas generadas, ya que para este tercer chequeo se contaba con la totalidad de los modelos de las especialidades del proyecto. Como se observa en la Figura 51, la lista de pruebas realizadas es significativamente mayor en comparación a la presentada en la Figura 45. Para su consulta se

presenta el Apéndice C. Informes de interferencias (Digital), que contiene los informes exportados a partir de Navisworks.

Figura 51

Lista de chequeos realizados durante la tercer revisión en LP2 E1 y LP3

Nombre	Estado	Conflictos
LP2 E1_EST vs ARQ	Terminado	4
LP2 E1_MEC vs EST	Terminado	0
LP2 E1_ELE vs MEC	Terminado	0
LP2 E1_GAS vs EST	Terminado	3
LP2 E1_EST vs HDC	Terminado	49
LP2 E1_ELE vs EST	Terminado	10
LP2 E1_ARQ vs ELE	Terminado	2
LP2 E1_HDC vs ARQ	Terminado	0
LP2 E1_ARQ vs MEC	Terminado	1
LP2 E1_GAS vs ARQ	Terminado	0
LP2 E1_ELE vs GAS	Terminado	0
LP2 E1_HDC vs ELE	Terminado	0
LP2 E1_GAS vs HDC	Terminado	0
LP2 E1_MEC vs GAS	Terminado	0
LP2 E1_HDC vs MEC	Terminado	0
LP2 E1_APN vs ELE	Terminado	0
LP2 E1_ARQ vs APN	Terminado	3
LP2 E1_APN vs EST	Terminado	8
LP2 E1_GAS vs APN	Terminado	0
LP2 E1_APN vs HDC	Terminado	0
LP2 E1_MEC vs APN	Terminado	0
LP2 E1_APN vs VOD	Terminado	0
LP2 E1_ELE vs VOD	Terminado	1
LP2 E1_VOD vs ARQ	Terminado	0
LP2 E1_EST vs VOD	Terminado	0
LP2 E1_VOD vs GAS	Terminado	0
LP2 E1_HDC vs VOD	Terminado	0
LP2 E1_VOD vs MEC	Terminado	0
LP2 E1_ILU vs ELE	Terminado	1
LP2 E1_ARQ vs ILU	Terminado	0
LP2 E1_ILU vs EST	Terminado	0
LP2 E1_GAS vs ILU	Terminado	0
LP2 E1_ILU vs HDC	Terminado	0
LP2 E1_MEC vs ILU	Terminado	0
LP2 E1_ILU vs APN	Terminado	0
LP2 E1_VOD vs ILU	Terminado	0

Nombre	Estado	Conflictos
LP3_EST vs ARQ	Terminado	2
LP3_MEC vs EST	Terminado	0
LP3_ELE vs MEC	Terminado	0
LP3_GAS vs EST	Terminado	18
LP3_EST vs HDC	Terminado	68
LP3_ELE vs EST	Terminado	12
LP3_ARQ vs ELE	Terminado	7
LP3_HDC vs ARQ	Terminado	0
LP3_ARQ vs MEC	Terminado	0
LP3_GAS vs ARQ	Terminado	4
LP3_ELE vs GAS	Terminado	1
LP3_HDC vs ELE	Terminado	0
LP3_GAS vs HDC	Terminado	0
LP3_MEC vs GAS	Terminado	0
LP3_HDC vs MEC	Terminado	0
LP3_APN vs ELE	Terminado	0
LP3_ARQ vs APN	Terminado	0
LP3_APN vs EST	Terminado	36
LP3_GAS vs APN	Terminado	0
LP3_APN vs HDC	Terminado	0
LP3_MEC vs APN	Terminado	0
LP3_APN vs VOD	Terminado	0
LP3_VOD vs ELE	Terminado	0
LP3_ARQ vs VOD	Terminado	1
LP3_VOD vs EST	Terminado	0
LP3_GAS vs VOD	Terminado	0
LP3_VOD vs HDC	Terminado	0
LP3_MEC vs VOD	Terminado	0
LP3_ILU vs ELE	Terminado	0
LP3_ARQ vs ILU	Terminado	0
LP3_ILU vs EST	Terminado	0
LP3_GAS vs ILU	Terminado	0
LP3_ILU vs HDC	Terminado	0
LP3_MEC vs ILU	Terminado	0
LP3_ILU vs APN	Terminado	0
LP3_VOD vs ILU	Terminado	0

Nota. Listas de chequeos realizadas con la totalidad de los modelos disponibles durante la tercera revisión en LP2 E1 y LP3. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2 E1_M3D_BIM_00_V01, Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Al igual que en el primer chequeo, algunos de los conflictos detectados por Clash Detective se clasificaron como falsos positivos. Este caso fue particularmente notable entre el sistema estructural y los sistemas de drenaje pluvial, gas y apantallamiento, debido al paso necesario de la tubería a través de la estructura de hormigón. Esta circunstancia explica el incremento en el número de “conflictos” (falsos positivos) registrados durante las pruebas que involucraban a estos sistemas de manera conjunta (EST vs HDC, GAS vs EST y APN vs EST), como resultado del perfeccionamiento continuo de los modelos y la adición de nuevos elementos, lo que inevitablemente generaba más intersecciones entre las disciplinas. Hecha esta aclaración, se observó una mejora significativa en la resolución de conflictos, como se puede comprobar en la comparación realizada en la Tabla 3. Esta tabla muestra una comparativa de las revisiones realizadas en dos periodos de tiempo diferentes, específicamente para LP3, donde los conflictos en las redes eran más evidentes. Para mantener la coherencia con el primer chequeo, la tabla muestra únicamente las pruebas repetidas en ambas revisiones. Los resultados muestran una reducción en los conflictos a medida que se avanzaba en el desarrollo del proyecto, lo que refleja un proyecto mejor compatibilizado.

Visualmente, esta mejora se puede apreciar al comparar la Figura 50 y Figura 52, en las cuales se observan los cambios en la posición de las redes del proyecto, que había sido una de las principales problemáticas detectadas durante el primer chequeo.

En general, la integración y la coordinación de los modelos, así como la detección temprana de conflictos y su pronta solución, contribuyeron a un proyecto mejor coordinado, compatibilizado y de mayor calidad. Esto permitió evitar problemas durante la ejecución de la obra, los cuales podrían haber generado retrasos y costos adicionales a los previstos.

Tabla 3

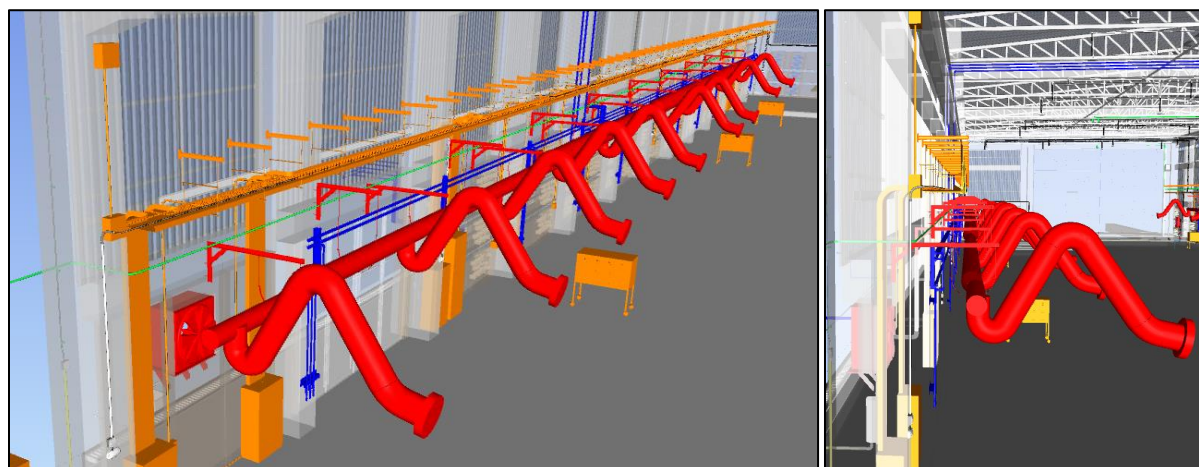
Comparativa de conflictos entre la primera y tercera revisión de interferencias de LP3

REVISIÓN DE CONFLICTOS		
Revisión	1°	3°
EST vs	27	2
MEC vs	5	0
ELE vs	58	0
GAS vs	15	18
EST vs	26	68
ARQ vs	15	7
HDC vs	10	0
ARQ vs	9	0
ELE vs	43	1
HDC vs	5	0
ARQ vs	1	4
GAS vs	0	0
MEC vs	27	0
HDC vs	1	0

Nota. Elaboración propia a partir de las listas de chequeos obtenidas de la primera y tercera revisión.

Figura 52

Solución del conflicto generado por la ubicación de las redes



Nota. La figura presenta de forma visual la solución dada a la principal problemática detectada durante la primera revisión. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_BIM_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4 Actividad 4. Generación de documentación (planos)

Dentro de los entregables del proyecto, además de los modelos BIM, se requería la entrega de planos, como parte de los objetivos de diseño establecidos en el BEP. Uno de estos objetivos indicaba la “generación y extracción de los modelos BIM de los planos requeridos para tramitar los permisos y licencias que sean necesarios para la construcción del proyecto, plantas, alzados, detalles, isometrías, despieces entre otros que sean requeridos según disciplina”.

En este sentido, esta actividad describe una de las ventajas respecto a los métodos tradicionales de documentación en la construcción, y es que al trabajar con modelos BIM, se tiene la capacidad de extraer planos técnicos a partir de los modelos tridimensionales. Esto elimina la necesidad de realizar los planos manualmente en 2D y reduce el riesgo de tener planos desactualizados, ya que cualquier cambio en el modelo se refleja automáticamente en los documentos relacionados.

Durante esta actividad se brindó apoyo en la generación de los planos para los sistemas de suministro de agua potable, sistema de drenaje y red contra incendios, pertenecientes a la especialidad hidráulica, en la cual se había asumido el rol de modelador BIM y que previamente habían sido aprobados por el especialista. Adicionalmente, se colaboró en adecuación y generación de planos de los modelos estructurales de las líneas de producción LP2 E1 y LP3, fundamentalmente en la organización de la información existente.

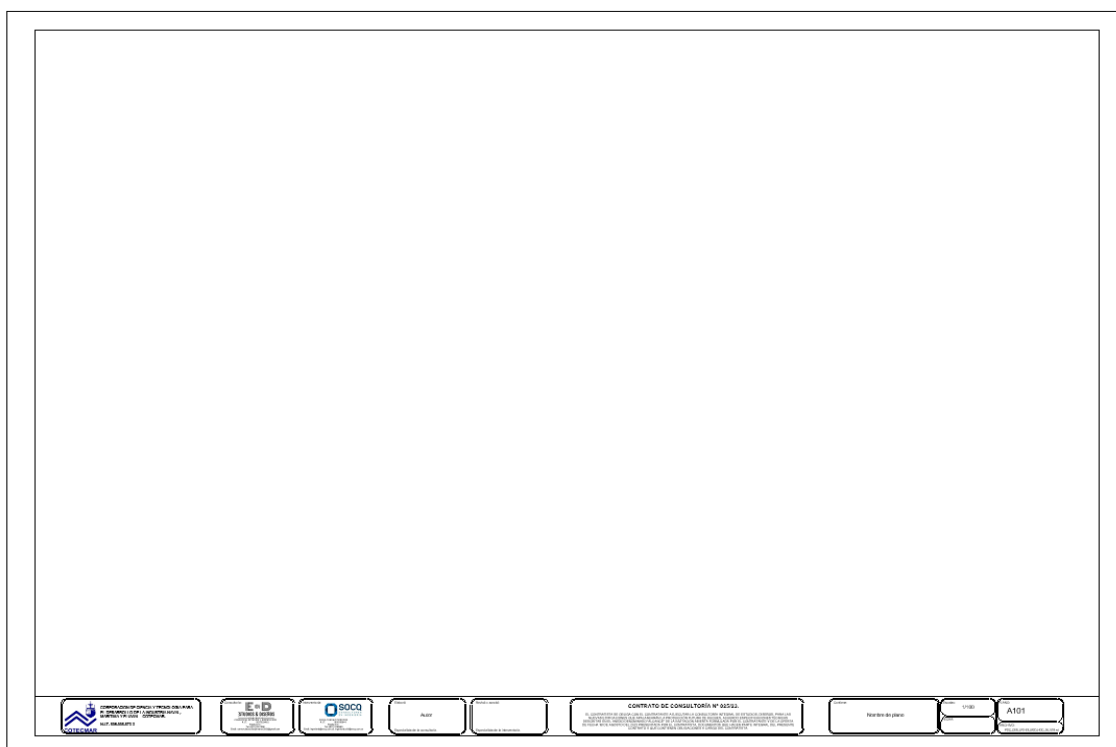
Dado que los procedimientos seguidos para las disciplinas hidráulica y estructural fueron muy similares en ambas edificaciones, a continuación, se describe el proceso de generación de planos, tomando como ejemplo el modelo BIM de la especialidad hidráulica de LP2 E1.

6.1.4.1 Proceso de generación de planos. Partiendo de la existencia de los modelos BIM de las especialidades hidráulica y estructural, el procedimiento se desarrolló en varias etapas:

6.1.4.1.1 Importación del rótulo oficial. Se importó la familia del rótulo oficial creado por el consorcio para la elaboración de planos, en una hoja de tamaño ISO B1 (Ver Figura 53).

Figura 53

Rótulo oficial creado por el consorcio



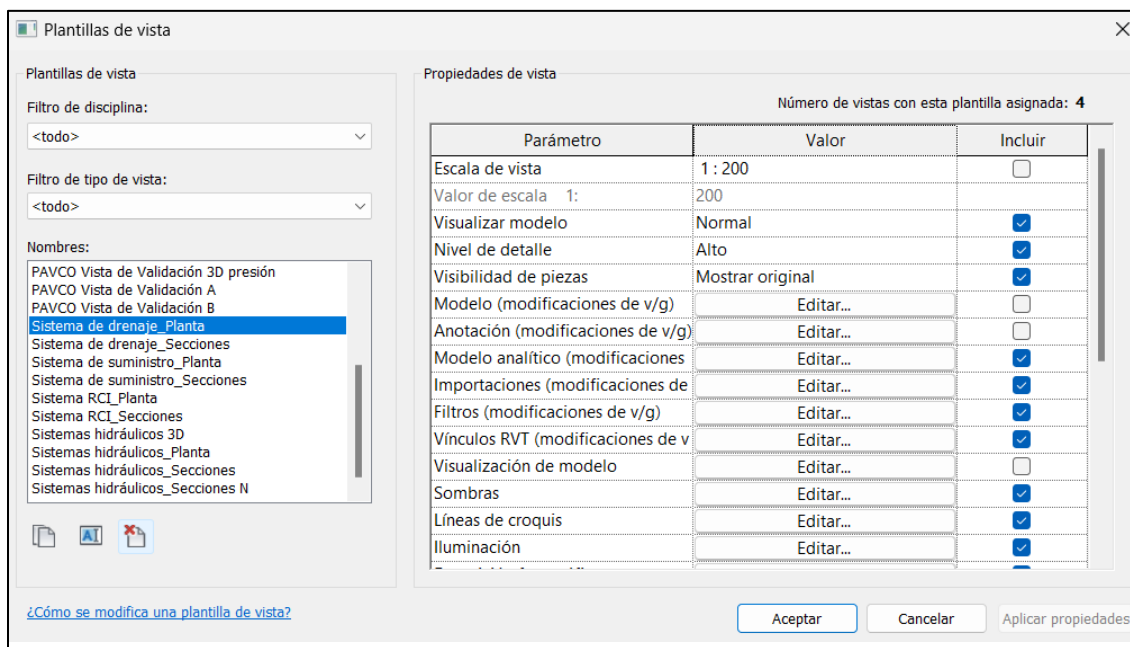
Nota. Ilustración del rótulo, membrete o mancheta creado por el consorcio para la presentación de los planos de cada una de las especialidades, que conformaban cada edificación. Fuente: Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.2 Generación de plantillas de vista. Se configuraron plantillas para establecer un conjunto de parámetros visuales y de presentación de las vistas del modelo, de tal manera

que no existiera la necesidad de configurar manualmente cada una de las vistas creadas. Esto resultó en un ahorro de tiempo y mayor eficiencia (Ver Figura 54).

Figura 54

Creación de plantillas de vistas

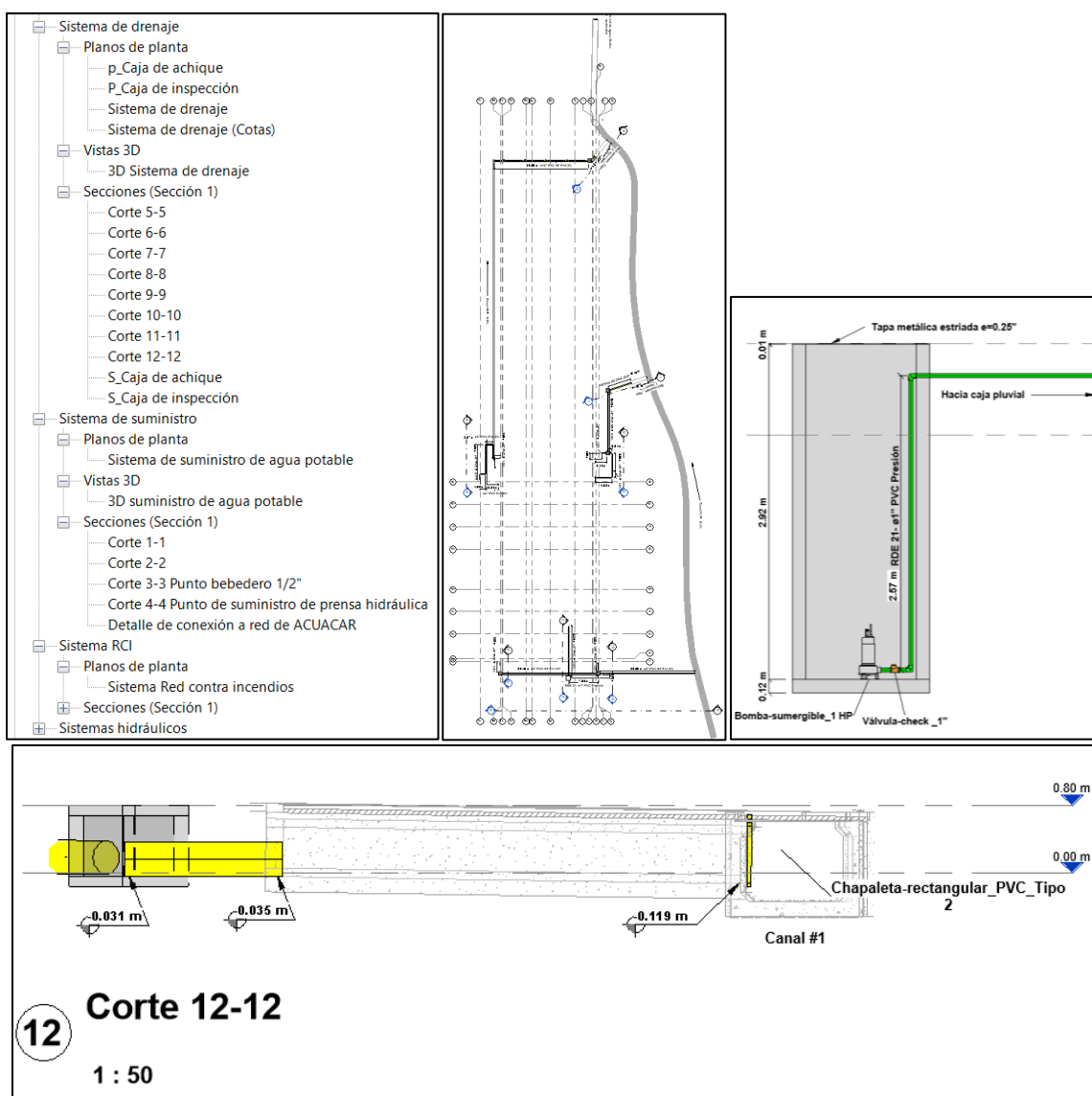


Nota. Plantillas de vistas creadas para la generación de los planos de cada uno de los sistemas hidráulicos. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.3 Generación de vistas 2D. A partir del modelo, se generaron vistas 2D que incluían plantas, secciones y detalles constructivos del sistema de drenaje, sistema de suministro de agua potable y red contra incendios (Ver Figura 55).

Figura 55

Vistas 2D generadas, detalle constructivo y sección

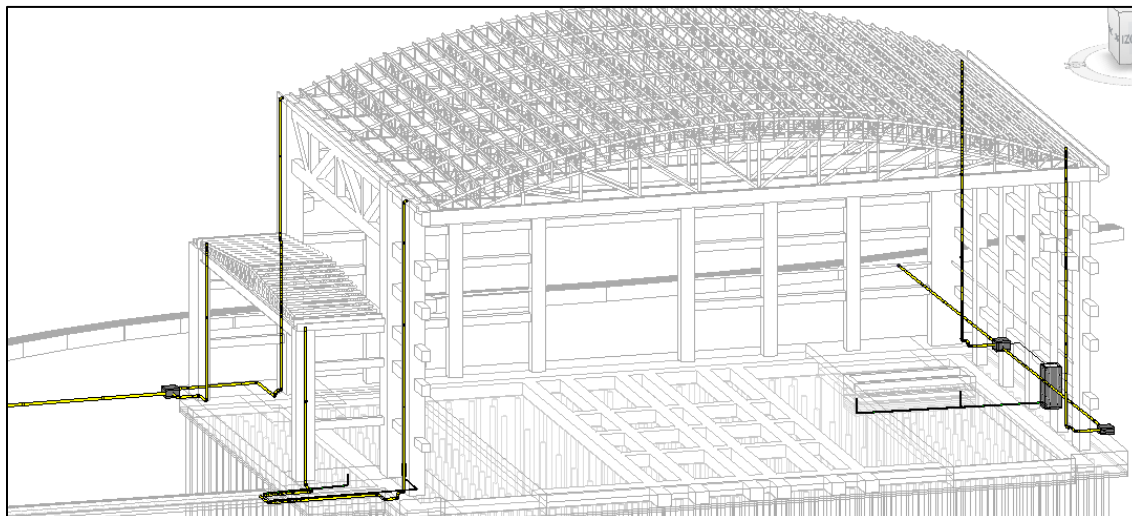


Nota. Ejemplos de vistas 2D generadas para la elaboración de los planos técnicos. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.4 Generación de vistas 3D. Se crearon vistas 3D complementarias a las vistas 2D y al modelo 3D general del proyecto, para una mayor comprensión de los sistemas (Ver Figura 56).

Figura 56

Vista 3D del sistema pluvial de LP2 E1

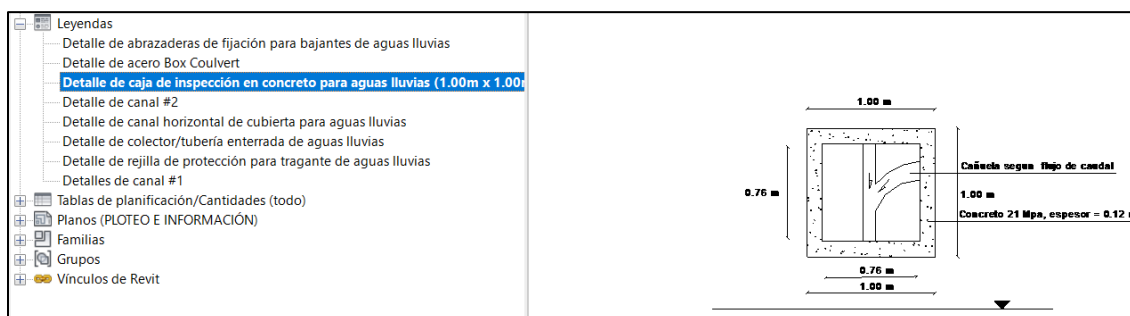


Nota. Ejemplo de vista 3D generada para la elaboración de los planos técnicos. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.5 Creación de leyendas. Se importaron archivos CAD para crear leyendas que proporcionaban detalles adicionales en los planos, especialmente en la especialidad estructural (Ver Figura 57).

Figura 57

Leyenda

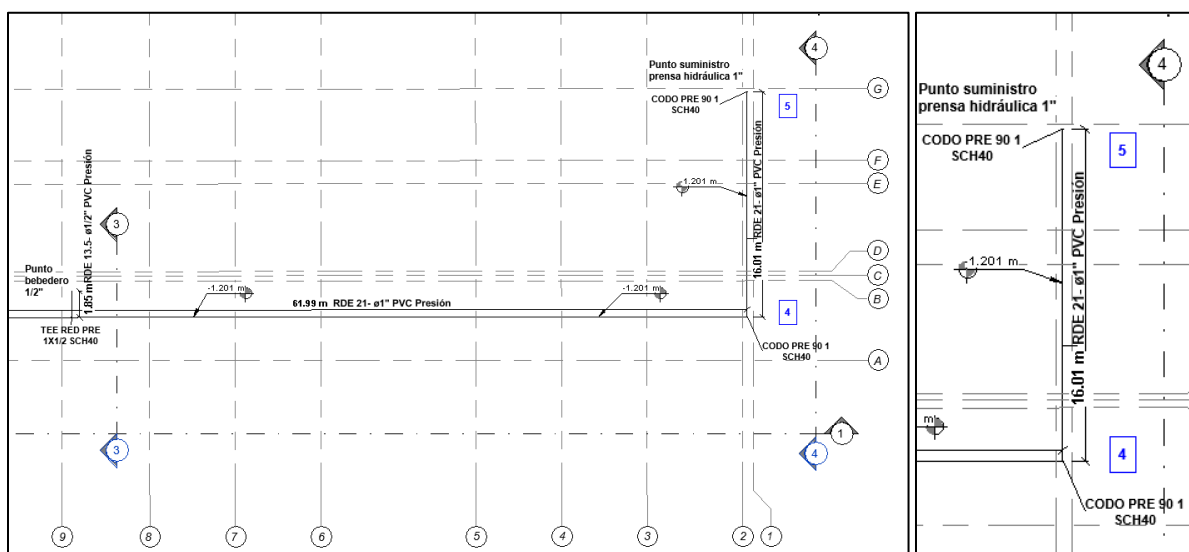


Nota. Ejemplo de leyenda creada en el modelo BIM a partir del detalle constructivo de la caja de inspección para aguas lluvias. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.6 Acotación y etiquetado. A las vistas 2D se le añadieron acotaciones para indicar dimensiones exactas de cada elemento. Complementariamente se agregaron etiquetas y notas de texto para proporcionar información adicional sobre material, componentes y especificaciones técnicas (Ver Figura 58).

Figura 58

Acotaciones, etiquetas y notas de texto

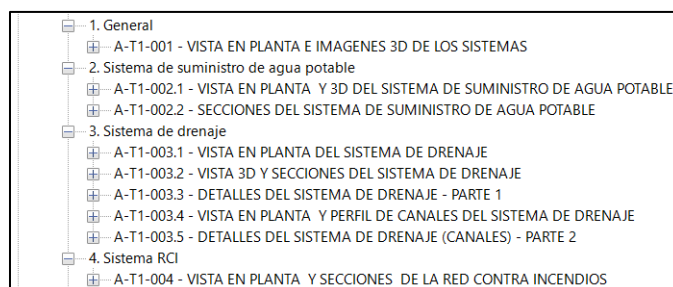


Nota. Ejemplo de acotaciones, etiquetas y notas de texto agregadas a las vistas 2D de cada uno de los sistemas. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.7 Generación de planos en Revit. Tras completar los pasos anteriores, se importaron las vistas y leyendas creadas al rótulo del proyecto. Posteriormente, se ajustó la escala de las vistas según fuera necesario y se les asignó una plantilla de vista adecuada (Ver Figura 59).

Figura 59

Planos generados para LP2 E1

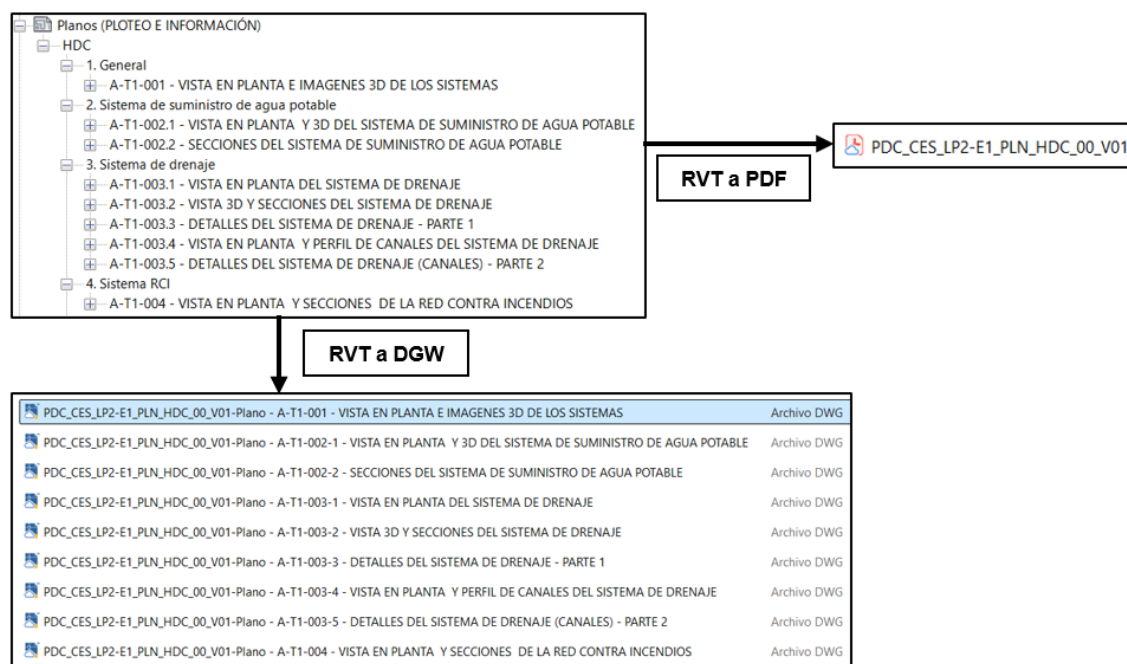


Nota. Totalidad de planos creados a partir del modelo 3D de la especialidad hidráulica. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.4.1.8 Exportación de planos. Finalmente, y de acuerdo con el formato de entrega estipulado en el BEP, los planos generados en Revit fueron exportados a los formatos DWG y PDF (Ver Figura 60).

Figura 60

Exportación de planos según formato de entrega



Nota. Totalidad de planos creados a partir del modelo 3D de la especialidad hidráulica. Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Una vez completada la generación de planos, se organizaba la documentación para su entrega final. En total, se apoyó en la generación de los planos listados en la Tabla 4, distribuidos según disciplina y línea de producción, en los que se participó activamente.

Tabla 4

Cantidad de planos generados

DISCIPLINA	LP2 E1	LP3
HDC	9	7
EST	33	17

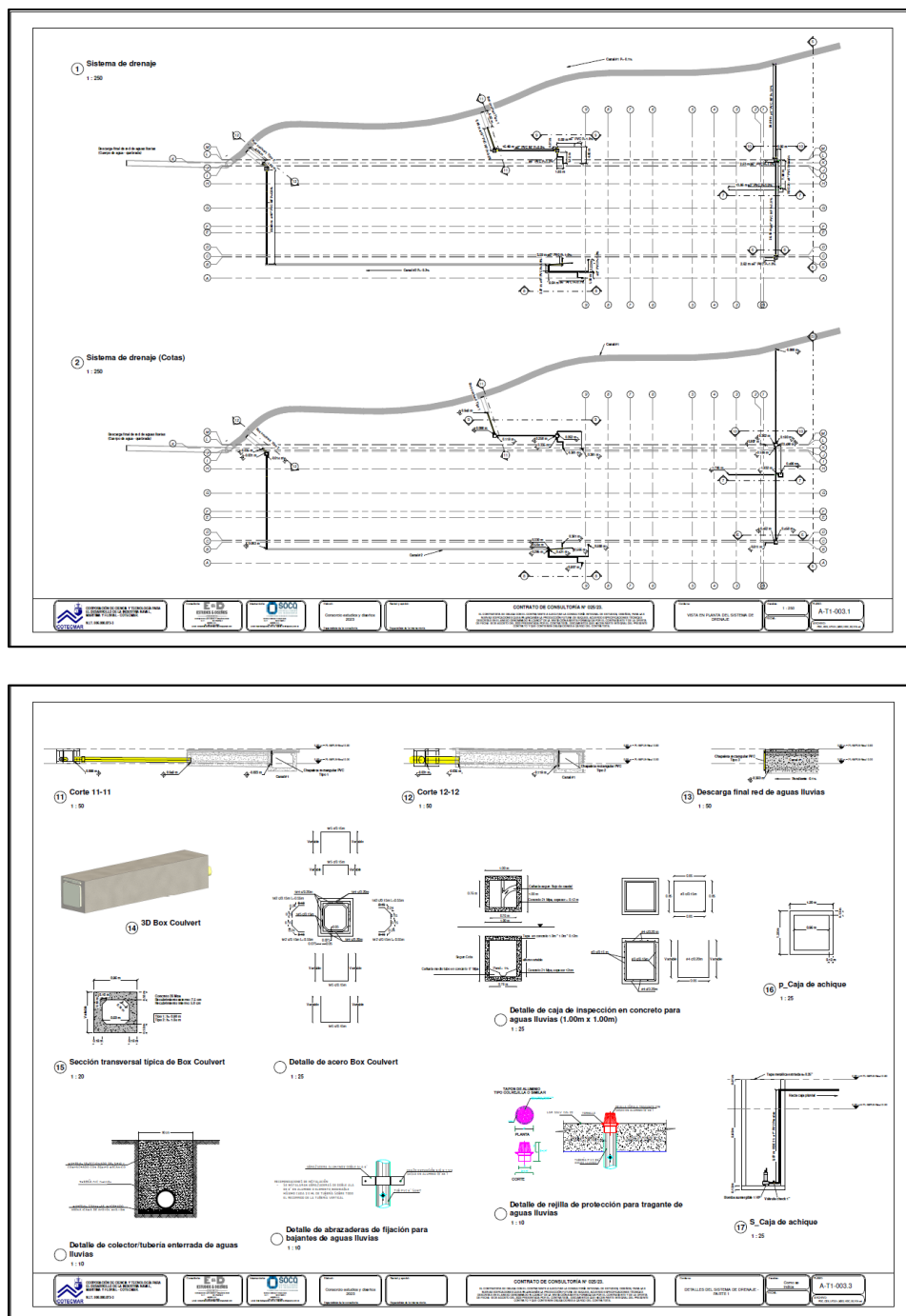
Nota. Elaboración propia.

El resultado fue un proceso más eficiente y preciso en la creación de planos, en comparación con los métodos tradicionales. Esta mejora facilitó la generación y actualización de planos de acuerdo con los requerimientos de interventoría en cada una de las entregas.

Para ilustrar el trabajo realizado, se presentan la Figura 61 y Figura 62 , que contienen algunos de los planos generados durante el desarrollo de la actividad. La totalidad de los planos pueden ser consultados en el Apéndice D. Planos (Digital).

Figura 61

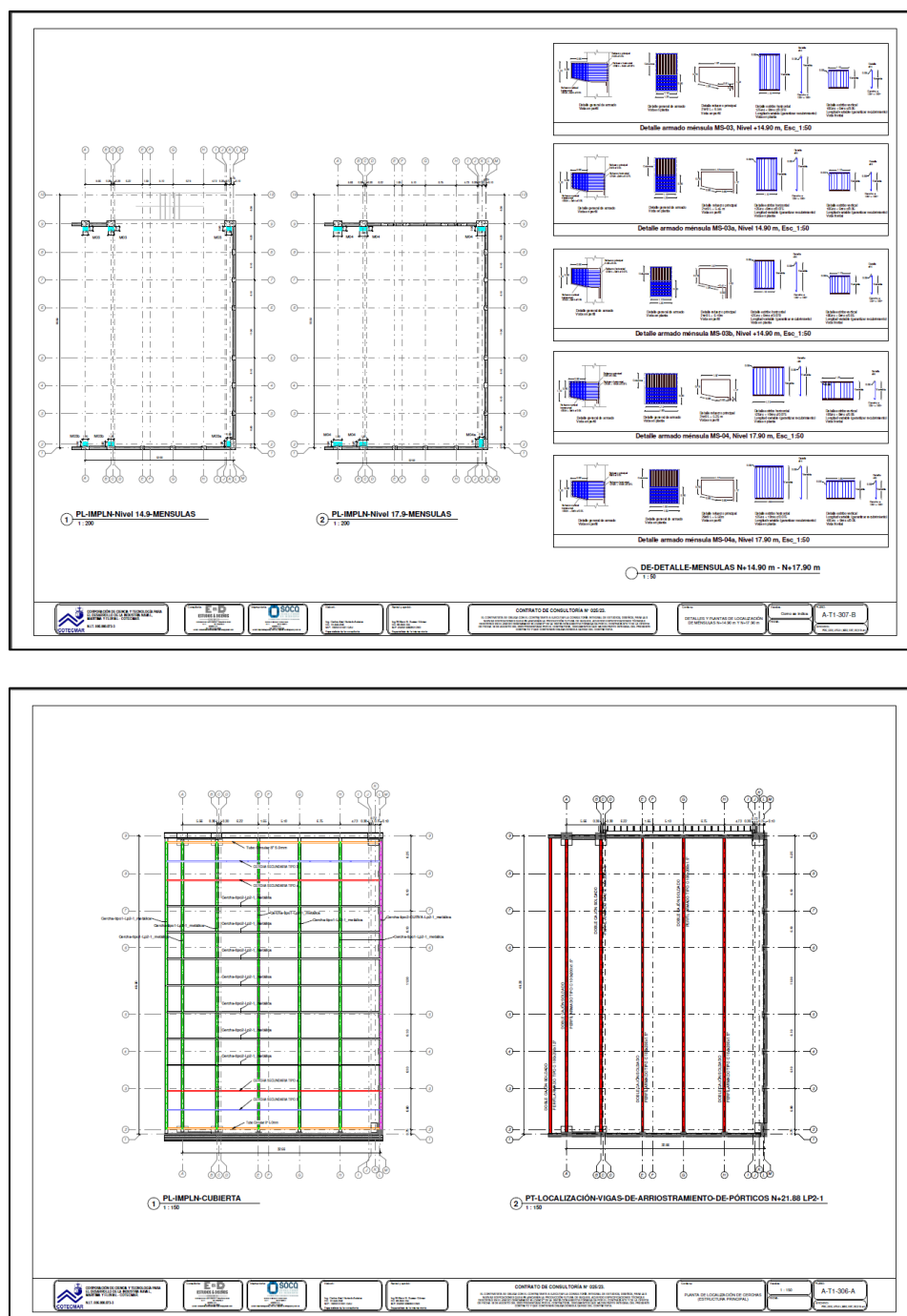
Planos hidráulicos del sistema de drenaje de LP2 E1



Nota. Planos de implantación en planta y de detalles del sistema de drenaje obtenido a partir del modelo tridimensional del sistema de drenaje. Fuente: Archivo PDC_CES_LP2-E1_PLN_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 62

Planos estructurales de LP2 E1



Nota. Plano de implantación y detalle de ménsulas, y plano de localización de cerchas obtenido a partir del modelo tridimensional estructural de LP2 E1. Fuente: Archivo PDC_CES_LP2-E1_PLN_EST_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.5 Actividad 5. Realización de simulación constructiva

Durante el desarrollo de un proyecto utilizando la metodología BIM, al modelo se le añaden “capas” o “niveles de información”, conocidas como dimensiones BIM. Cada una de estas dimensiones agrega un tipo específico de información al modelo, que puede incluir desde la geometría hasta aspectos como el tiempo, los costos, la sostenibilidad, entre otros. Esto enriquece el modelo y mejora la gestión del proyecto a lo largo de todas sus fases.

Una de las dimensiones más comunes, y sobre la que ya se ha trabajado previamente, es la dimensión 3D, que representa el modelo tridimensional del proyecto. Esta dimensión no solo incluye la geometría, sino también las propiedades de materiales y componentes.

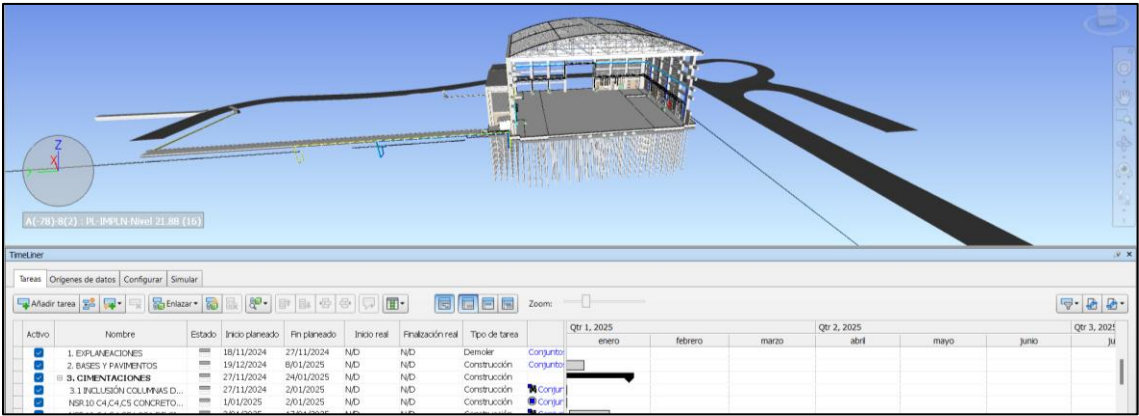
Cuando se integra el factor tiempo en el modelo 3D, se genera la dimensión 4D, la cual vincula al modelo geométrico con la programación de obra. Este vínculo permite simular el proceso de construcción a lo largo del tiempo, ayudando a la planificación, previsión y optimización de las distintas fases del proyecto.

En este contexto, la actividad tuvo como objetivo principal apoyar la realización de la simulación constructiva del hangar LP2 E1, tomando como referencia el cronograma de obra realizado por el especialista de costos y presupuesto. Para ello, de la misma forma como se ha realizado anteriormente, se utilizó el programa Navisworks, según requerimiento del BEP, para incorporar el factor tiempo al modelo federado de las edificaciones y crear una simulación en 4D que ayudara a visualizar y coordinar el proceso de construcción.

6.1.5.1 Proceso de generación de la simulación. El proceso de creación de las simulaciones constructivas se basó en modelos federados y coordinados realizados bajo los procedimientos descritos en actividades anteriores. Para ello, se hizo uso de la herramienta TimeLiner de Navisworks, la cual permitió gestionar la programación del proyecto directamente dentro del modelo 3D (ver Figura 63).

Figura 63

Herramienta TimeLiner



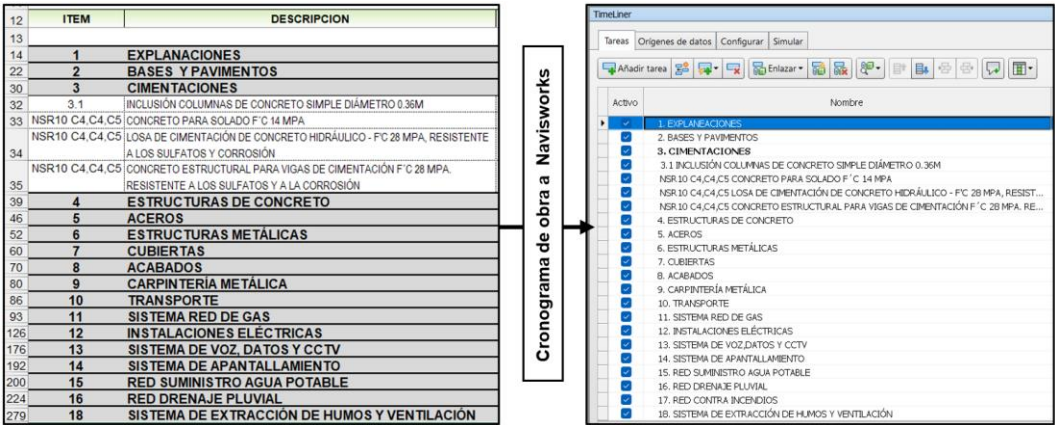
Nota. La figura muestra la interfaz de TimeLiner en Navisworks. Fuente: PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

A continuación, se describe el proceso realizado:

6.1.5.1.1 Creación de tareas. Se crearon ítems o tareas de acuerdo con las actividades descritas en el presupuesto y el cronograma de obra (ver Figura 64).

Figura 64

Creación de tareas según programación de obra

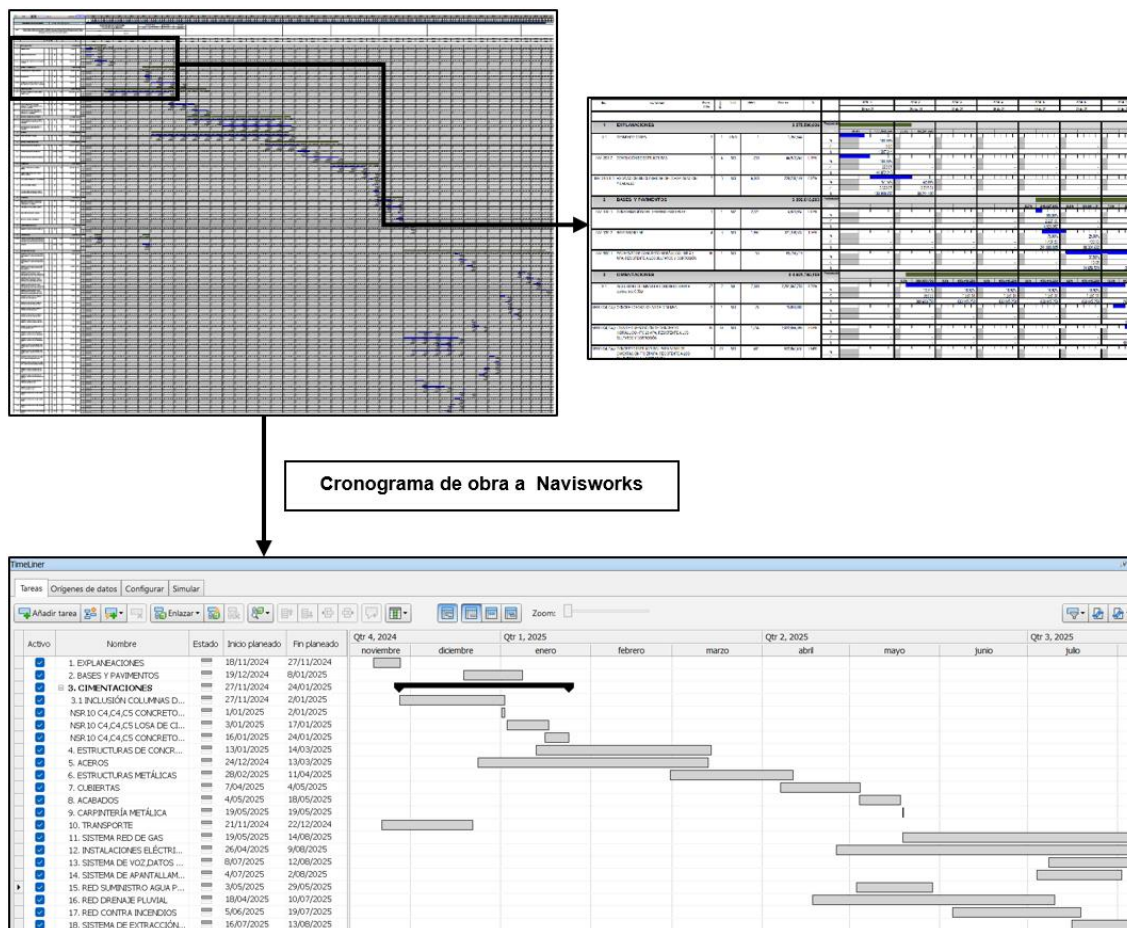


Nota. La figura presenta la generación de actividades de obra en el Software Navisworks de acuerdo con la programación de obra del proyecto. Fuente: Adaptado PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.5.1.2 Asignación de fechas. A cada actividad se le asignaron fechas de inicio y finalización, según la secuencia constructiva reflejada en el diagrama de Gantt (ver Figura 65).

Figura 65

Asignación de fechas planeadas

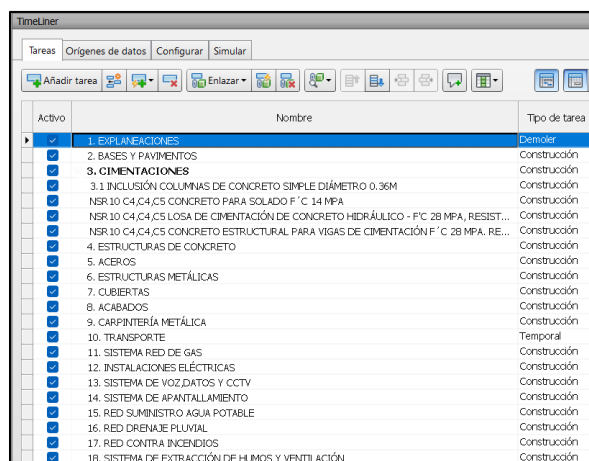


Nota. La figura muestra las integración del factor tiempo al modelo 3D del proyecto a través de las fechas indicadas en la programación de obra. Fuente: Adaptado del modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.5.1.3 Asignación de tipo de tarea. Cada actividad se clasificó en uno de los tres tipos de tarea ofrecidas por Navisworks: Construcción, demoler o temporal, según correspondiera (ver Figura 66).

Figura 66

Asignación de tipo de tarea



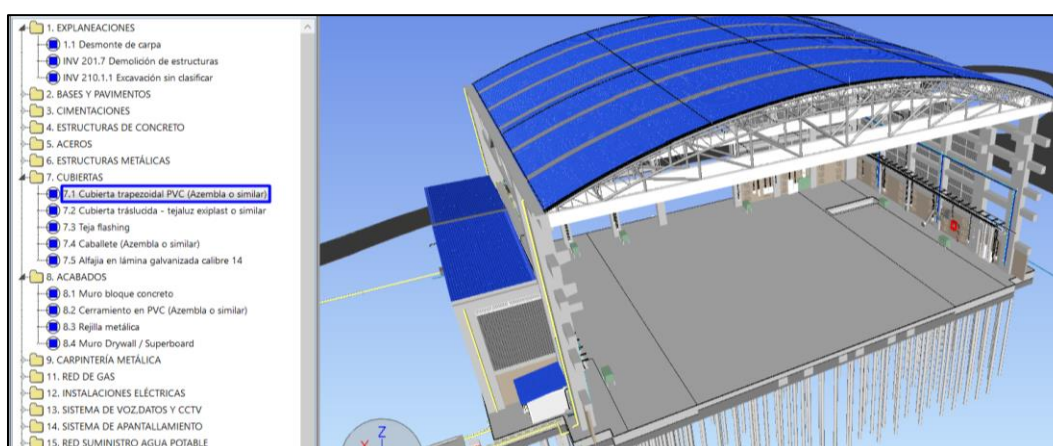
Activo	Nombre	Tipo de tarea
☒	1. EXPLANEACIONES	Demoler
☒	2. BASES Y PAVIMENTOS	Construcción
☒	3. CIMENTACIONES	Construcción
☒	3.1 INCLUSIÓN COLUMNAS DE CONCRETO SIMPLE DIÁMETRO 0.36M	Construcción
☒	NSR 10 C4,C4,C5 CONCRETO PARA SOLADO F' C 14 MPA	Construcción
☒	NSR 10 C4,C4,C5 LOSA DE CIMENTACIÓN DE CONCRETO HIDRÁULICO - F' C 28 MPA, RESIST...	Construcción
☒	NSR 10 C4,C4,C5 CONCRETO ESTRUCTURAL PARA VIGAS DE CIMENTACIÓN F' C 28 MPA, RE...	Construcción
☒	4. ESTRUCTURAS DE CONCRETO	Construcción
☒	5. ACEROS	Construcción
☒	6. ESTRUCTURAS METÁLICAS	Construcción
☒	7. CUBIERTAS	Construcción
☒	8. ACABADOS	Construcción
☒	9. CARPINTERÍA METÁLICA	Construcción
☒	10. TRANSPORTE	Temporal
☒	11. SISTEMA RED DE GAS	Construcción
☒	12. INSTALACIONES ELÉCTRICAS	Construcción
☒	13. SISTEMA DE VOZ/DATOS Y CCTV	Construcción
☒	14. SISTEMA DE APANTALLAMIENTO	Construcción
☒	15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE	Construcción
☒	16. RED DRENAJE PLUVIAL	Construcción
☒	17. RED CONTRA INCENDIOS	Construcción
☒	18. SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE HUMOS Y VENTILACIÓN	Construcción

Nota. Asignación del tipo de tarea según la actividad a realizar. Fuente: PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.5.1.4 Creación de conjuntos de elementos. Se seleccionaron elementos específicos del modelo correspondientes a cada actividad y se crearon conjuntos, que luego se enlazaron con las tareas asignadas (ver Figura 67).

Figura 67

Creación de sets o conjuntos de elementos según actividades



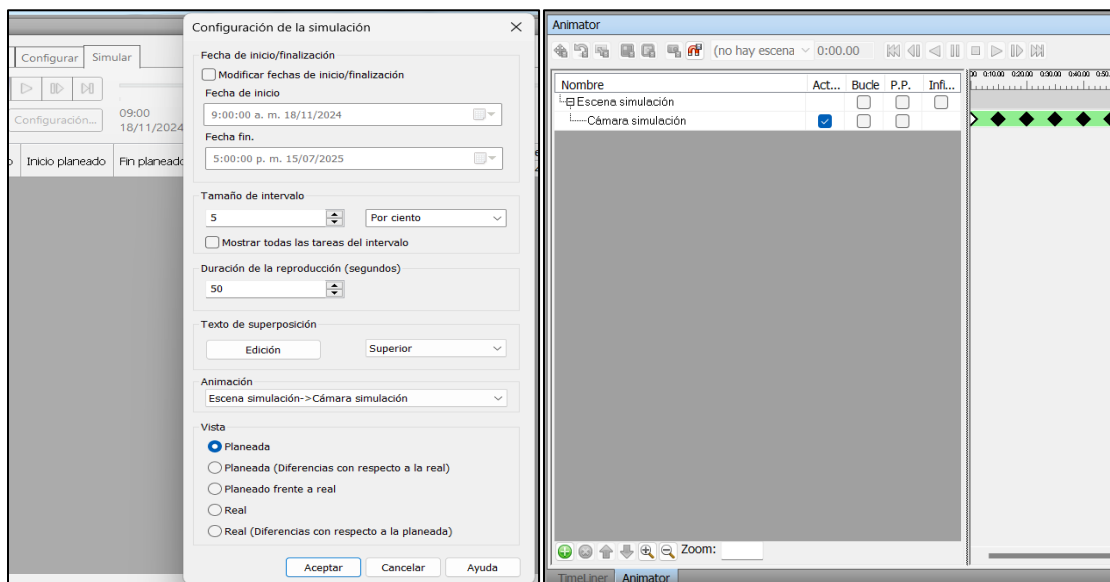
Nota. Selección de elementos para la creación del conjunto de cubierta trapezoidal en PVC.

Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.1.5.1.5 Configuración de la simulación. Se ajustaron diversos parámetros, como la duración, la visualización gráfica y los aspectos de animación, para obtener una representación dinámica de la construcción según el plazo establecido en el cronograma (ver Figura 68).

Figura 68

Configuraciones de la simulación



Nota. La figura muestra los ajustes realizados para configurar la simulación con el uso de la herramienta Animator Fuente: Modelo PDC_CES_LP2-E1_M3D_PRES_00_V01_PROG_OBRA, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

La simulación puede observarse mediante el video contenido en el Apéndice E. Simulación constructiva (Digital).

6.2 CUANTIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA

La cuantificación de cantidades de obra es un paso fundamental en la determinación del costo total de un proyecto. Cuanto más precisa es esta estimación, menos serán los riesgos de sobrecostos o subestimaciones que puedan afectar la viabilidad del proyecto.

A continuación, se presentan las actividades de apoyo realizadas para la determinación de cantidades de obra de dos proyectos: Cotecmar y Vías nacionales, desde dos enfoques distintos. El primero de ellos se basa en el uso de herramientas de Software BIM, mientras que el segundo emplea un enfoque tradicional mediante hojas de cálculo Excel, elaboradas manualmente.

6.2.1 Actividad 6. Obtención de cantidades de obra mediante BIM

Como ya se ha venido mostrando anteriormente, el proyecto de hangares de Cotecmar se realizó mediante la implementación de la metodología BIM. En este sentido, durante el desarrollo de esta actividad, se empleó el uso BIM de estimación de cantidades y costos (5D) definido en la “Guía de usos BIM” del BIM Forum Colombia (2024), en respuesta al objetivo establecido en el Plan de Ejecución BIM (BEP) que establecía “obtener de manera detallada las cantidades de obra requeridas por medio de tablas de cuantificación de los modelos”.

La actividad consistió en apoyar la determinación de cantidades de obra de los elementos derivados de los modelos digitales a través de la creación de tablas de cantidades utilizando la herramienta Tabla de planificación/cantidades de Revit (ver Figura 69). Esta actividad incluyó el sistema de suministro de agua potable, sistema de drenaje, red contra incendios, sistema eléctrico, sistema de iluminación y sistema de apantallamiento de ambas edificaciones, LP2 E1 y LP3.

Figura 69*Tabla de planificación/cantidades*

Tabla de planificación Serie		<Tabla de planificación de tuberías>		
		A	B	C
		Diámetro	Tipo	Longitud
Tabla de planificación: Tabla de planificación de tuberías		6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Datos de identidad		6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Plantilla de vista	<Ninguno>	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.31 m
Nombre de vista	Tabla de planificación de tuberías	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Dependencia	Independiente	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Proceso por fases		6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Filtro de fases	Mostrar todo	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.30 m
Fase	Nueva construcción	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	5.31 m
Otros		16"	Tuberia-Novafort_S4Plus	5.77 m
Campos	Editar...	8"	Tuberia-Novafort_S4Plus	5.75 m
Filtro	Editar...	8"	Tuberia-Novafort_S4Plus	1.34 m
Clasificación/Agrupación	Editar...	8"	Tuberia-Novafort_S4Plus	1.95 m
Formato	Editar...	8"	Tuberia-Novafort_S4Plus	5.88 m
Apariencia	Editar...	6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	6.00 m
		6"	Tuberia_PVC-Sanitaria-(6m)	6.00 m

Nota. Interfaz para la configuración y determinación de una tabla de cuantificación empleando Revit. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Durante la generación de las tablas, es importante entender que cada uno de los elementos dentro de los modelos desarrollados contienen tanto información geométrica como alfanumérica, definida a través de parámetros como la altura, el espesor, la longitud, etc. Esto permitió obtener cantidades precisas mediante la extracción automática de datos, reduciendo los errores gracias a la actualización inmediata de las cantidades, en la medida en que las modificaciones en el diseño se reflejaban instantáneamente en las tablas de cuantificación.

Aunque este proceso fue desarrollado para varios modelos y sistemas, se presenta a continuación el procedimiento llevado a cabo para la especialidad hidráulica de LP3, donde se había asumido el rol de modelador BIM. Para cada uno de los demás sistemas el procedimiento fue exactamente el mismo.

El proceso de la obtención de cantidades a través de tablas de cuantificación de Revit consistió, en general, de los siguientes pasos:

6.2.1.1 Familiarización con las actividades del presupuesto. Las cantidades de obra se definieron conforme a las actividades descritas en cada uno de los capítulos del presupuesto de obra. Por lo tanto, fue esencial comprender la estructura del presupuesto para poder identificar las actividades correspondientes y determinar la unidad de medida de cada una, antes de generar las tablas (ver Figura 70).

Figura 70

Unidades de medida según presupuesto

ITEM	DESCRIPCION	UND	ITEM	DESCRIPCION	UND
16	RED DRENAJE PLUVIAL		15	RED SUMINISTRO AGUA POTABLE	
16.1	CAJA INSPECCION DE CONCRETO 100X100 CM	UND	15.1	TUBERIA PVC 1,1/2 RDE 21 UZ	ML
16.2	BAJANTE AGUAS LLUVIAS PVC 6	ML	15.2	TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	ML
16.3	CODO SANITARIO PVC 45 CC-6"	UND	15.3	TUBERIA PVC, 1/2"	ML
16.4	CODO SANITARIO PVC 90 C-C-6"	UND	15.4	TEE PRESION PVC 3"	UND
16.5	TUB PVC NOVAFORT 6"	ML	15.5	TEE PRESION PVC 1,1/2"	UND
16.6	TUB PVC NOVAFORT 8"	ML	15.6	TEE PRESION PVC 1"	UND
16.7	TUB PVC NOVAFORT 10"	ML	15.7	CODO 90 PRESION PVC 1,1/2"	UND
16.8	TUB PVC NOVAFORT 16"	ML	15.8	CODO 90 PRESION PVC 1"	UND
16.9	TUB PVC 2 SANI.	ML	15.9	VALVULA CIERRE METALICO 1,1/2	UND
16.10	TUB PVC 3 SANI.	ML	15.1	VALVULA CIERRE METALICO 1"	UND
16.11	CODO SANITARIO PVC 45 CC-3"	UND	15.11	VALVULA CIERRE METALICO, 1/2"	UND
16.12	CODO SANITARIO PVC 90 CC-2	UND	15.12	PUNTO AGUA FRIA 1	PTO
16.13	CODO SANITARIO PVC 90 CC-3"	UND	15.13	PUNTO AGUA FRIA PVC, 1/2	PTO
16.14	UNION SANITARIA PVC 2"	UND	15.14	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BEBEDERO	UND
16.15	UNION SANITARIA PVC 3"	UND			
16.16	UNION SANITARIA PVC 6"	UND	17	RED CONTRA INCENDIOS	
16.17	YEE SANITARIA PVC 3"	UND	17.1	TUBERIA AWWA C-900 4" RDE 18	ML
16.18	TUBERIA PVC 1 RDE 21 - 200 PSI	ML	17.2	CODO 90° 4" CXC AWWA C110	UND
16.19	CODO 90 PRESION PVC 1"	UND	17.3	TEE CXC 4" AWWA C110	UND
16.20	VALV CHEQUE CORTINA BRONCE D= 1"	UND	17.4	KIT TRANSICION C900AC 4"	UND
16.21	BOMBA SUMERGIBLE ACERO INOXIDABLE AGUA SUCIA USO RUDO 1HP	UND	17.5	TUBERIA ACERO CARBON D=4 SCH-40	ML
16.22	VALVULA CHAPAleta PVC 6"	UND	17.6	TUBERIA ACERO CARBON D=2,1/2 SCH-40	ML
16.23	VALVULA CHAPAleta PVC RECTANGULAR PARA BOX	UND	17.7	TUBERIA ACERO CARBON D=1,1/2 SCH-40	ML
16.24	CONCRETO ESTRUCTURAL PARA CANALES, BOX CULVERT Y ELEMENTOS DE CONCRETO F' C 28 MPA. RESISTENTE A LOS SULFATOS Y A LA CORROSIÓN	M3	17.8	BUSHING GALV 4x2 1/2	UND
16.25	REJILLA METÁLICA CANAL (Suministro e instalación)	M2	17.9	BUSHING GALV 2,1/2 X 1,1/2	UND
16.26	ACERO DE REFUERZO FY 420 MPA - PARA CANALES Y BOX CULVERT	KG	17.10	UNION RIGIDA RANURADA 4	UND
			17.11	UNION RIGIDA RANURADA 2 1/2	UND
			17.12	UNION RIGIDA RANURADA 1 1/2	UND
			17.13	CODO GALV. 1,1/2x90	UND
			17.14	TEE AC 2,1/2"	UND
			17.15	GABINETE CONTRA INCENDIO CLASE III	UND
			17.16	TEE AC 4"	UND

Nota. Actividades de los capítulos correspondientes a los sistemas hidráulicos según el documento de presupuesto. Fuente: Presupuesto del hangar LP3, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.2 Reconocimiento del modelo digital. Determinar las cantidades implicó tener una comprensión profunda del modelo sobre el cual se iban a extraer los datos. Era esencial entender cómo se había modelado, qué elementos lo componían y cómo funcionaba. De esta manera se optimizaba el proceso de obtención de cantidades y se aseguraba que las mediciones obtenidas fueran precisas y reflejaran lo representado en el modelo.

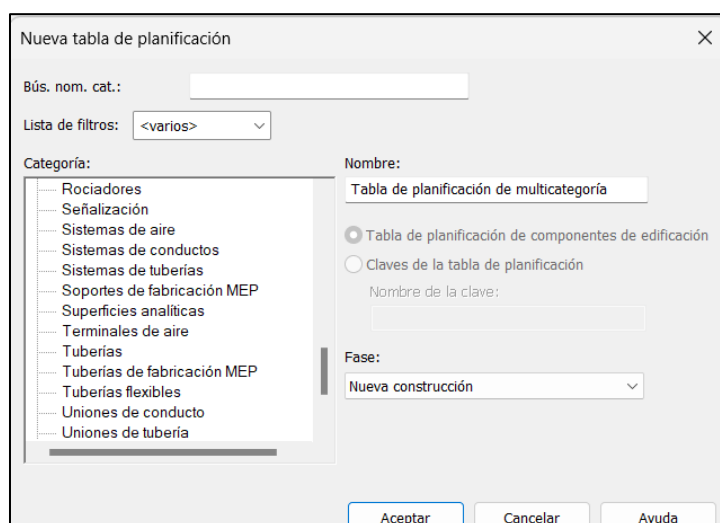
6.2.1.3 Creación de la tabla de cuantificación. La creación de la tabla se llevó a cabo mediante la opción Tabla de planificación/cantidades ofrecía por Revit para la obtención automática de cantidades del modelo de una manera clara y precisa, post configuración de esta.

La creación de estas tablas implicó configurar aspectos como categoría, campos, filtros, clasificación/agrupación, formato y apariencia como se describe a continuación:

6.2.1.3.1 Categoría. La generación de una tabla de cuantificación implica, en principio, definir la categoría a la que pertenece el elemento que se desea cuantificar, como se ilustra en la Figura 71, por ejemplo, si el elemento a cuantificar era la tubería PVC había que definir la categoría como “Tuberías”, por el contrario si se pretendía cuantificar los gabinetes contra incendios era necesario definir la categoría como “equipos mecánicos”, y así sucesivamente con todos los elementos de la representación digital.

Figura 71

Categoría de los elementos

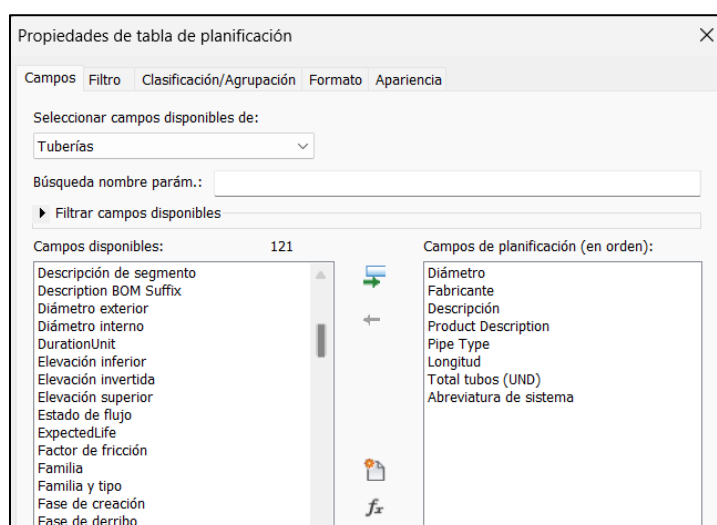


Nota. La figura presenta la interfaz de selección de la categoría a la que pertenece el elemento a cuantificar. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.3.2 Campos. Los campos (ver Figura 72) representaban los datos extraídos del modelo que se deseaban incluir en la tabla, como el área o el volumen, y se reflejaban mediante los encabezados de las columnas. Aunque cabe aclarar que, según se requería algunos de ellos eran ocultados, pues en algunos casos su información se consideraba innecesaria para visualización, pero si era indispensable para la generación de la tabla.

Figura 72

Selección de campos



Nota. Selección de campos según la información requerida en la tabla y el parámetro a cuantificar. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.3.3 Filtros. Los filtros (ver Figura 73) permitían limitar los elementos incluidos en la tabla mediante criterios de separación basados en los campos, cuando dentro de una categoría existían elementos que pertenecían a diferentes ítems dentro del presupuesto. Por ejemplo, dentro de la categoría tuberías, existían las tuberías PVC presión y tubería PVC sanitaria, que pertenecían a ítems, capítulos y sistemas separados.

Figura 73*Filtros*

Nota. La figura presenta la interfaz de selección de filtros basados en campos según una característica específica. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.3.4 Clasificación/Agrupación. Esta propiedad se configuró para organizar los datos dentro de la tabla, de tal forma que se facilitará su interpretación (ver Figura 74).

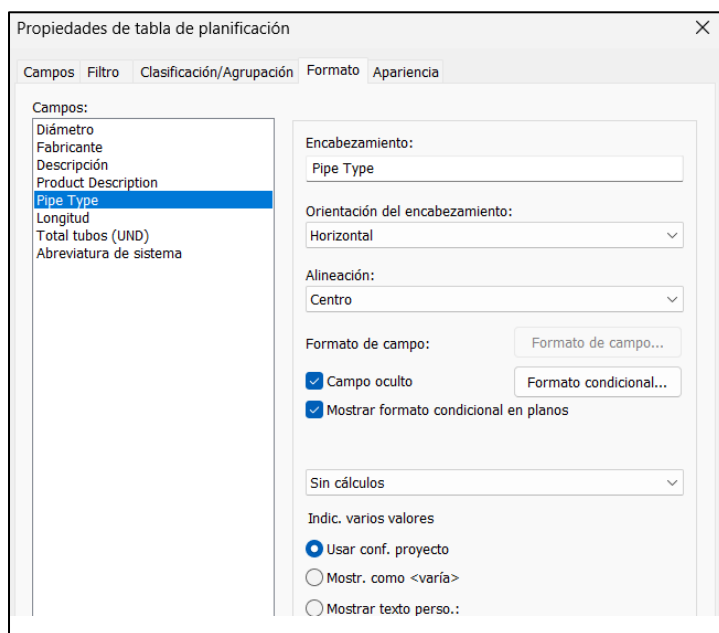
Figura 74*Clasificación/Agrupación*

Nota. La figura muestra la interfaz de selección para agrupar los datos de una tabla según un campo específico seleccionado. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.3.5 Formato. En este apartado se configuró la presentación visual de los datos en tabla (ver Figura 75). Por ejemplo, se ocultaban campos, se modificaba el tipo de encabezamiento, la alineación del texto o el formato de los valores numéricos, entre otros.

Figura 75

Formato

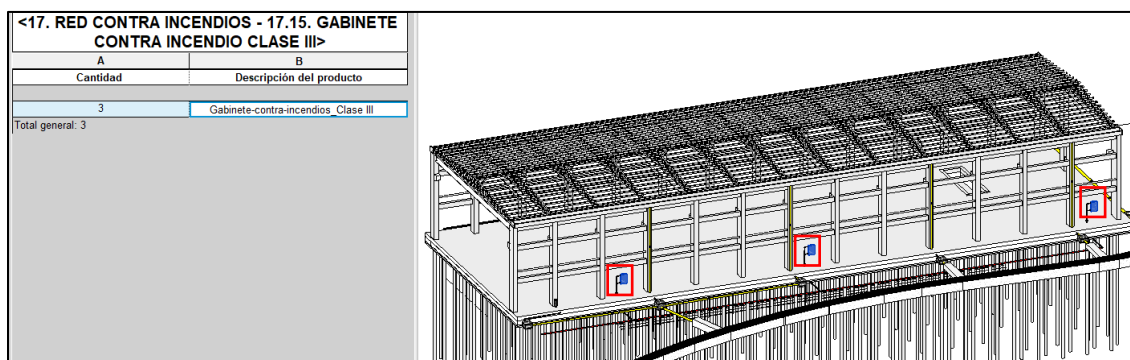


Nota. La figura muestra la interfaz para modificar aspectos de la tabla que se desean aparezcan o no y de qué forma. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.2.1.4 Revisión visual. Como paso final, la revisión visual consistió en un procedimiento realizado para corroborar de una forma visual y rápida que los resultados eran correctos. Consistía en verificar que los elementos dentro del modelo que se estaban cuantificando efectivamente fueran los pertenecientes a cada ítem del presupuesto y que no se seleccionara un elemento indeseado o que existiera duplicidad de cuantificación (ver Figura 76).

Figura 76

Revisión visual de cantidades



Nota. Verificación de los elementos cuantificados dentro de la tabla de cantidades (color azul).

Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Como resultado del proceso, para la especialidad hidráulica de LP3, se presentan en la Figura 77 y Figura 78 ejemplos de las tablas de cuantificación obtenidas.

Figura 77

Tablas de cuantificación por sistema

15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.2 TUBERIA PVC 1" RDE 21 - 200 PSI			
Diámetro	Descripción del Producto	Longitud	Total tubos (UND)
1"	TB LISO PRE 1 RDE21 6M	7.66 m	1.28
Total general		7.66 m	1.28

16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.2 BAJANTE AGUAS LLUVIAS PVC 6"			
Diámetro	Descripción del Producto	Longitud	Total tubos (UND)
6"	TB SAN 6 6M	107.78 m	17.96
Total general		107.78 m	17.96

17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.1 TUBERIA AWWA C-900 4" RDE 18			
Diámetro	Descripción	Longitud Total	Total Tubos (UND)
4"	TB RIEBER AWWA 4" C900 RDE18 235PSI	93.94 m	15.98
Total general		93.94 m	15.98

Nota. Ejemplos de tablas de cantidades obtenidas a partir del modelo 3D del hangar. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 78

Totalidad de tablas generadas para HDC LP3

Tablas de planificación/Cantidades (todo)	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.2 TUBERIA PVC 1" RDE 21 - 200 PSI	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.3 TUBERIA PVC, 1/2"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.8 CODO 90 PRESION PVC 1"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.10 VALVULA CIERRE METALICO 1"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.11 VALVULA CIERRE METALICO, 1/2"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.12 PUNTO AGUA FRIA 1"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.13 PUNTO AGUA FRIA PVC, 1/2"	
15. RED SUMINISTRO AGUA POTABLE - 15.14 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BEBEDERO	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.1 CAJA INSPECCION 100X100 CM	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.2 BAJANTE AGUAS LLUVIAS PVC 6"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.4 CODO SANITARIO PVC 90 C-C-6"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.6 TUB PVC NOVAFORT 8"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.9 TUB.PVC 2" SANI.	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.10 TUB.PVC 3" SANI.	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.11 CODO SANITARIO PVC 45 CC-3"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.12 CODO SANITARIO PVC 90 CC-2"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.13 CODO SANITARIO PVC 90 CC-3"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.14 UNION SANITARIA PVC 2"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.15 UNION SANITARIA PVC 3"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.16 UNION SANITARIA PVC 6"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.17 YEE SANITARIA PVC 3"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.18 TUBERIA PVC 1" RDE 21 - 200 PSI	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.19 CODO 90 PRESION PVC 1"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.20 VALV CHEQUE CORTINA BRONCE D=1"	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.21 BOMBA SUMERGIBLE ACERO INOXIDABLE AGUA SUCIA USO RUDDO	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.23 VALVULA CHAPAleta RECTANGULAR PARA BOX	
16. RED DRENAJE PLUVIAL - 16.24 CONCRETO ESTRUCTURAL PARA CANALES, BOX CULVERT Y ELEMENTOS DE CONCRETO F'C 28 MPA. RESISTENTE A LOS SULFATOS Y A LA CORROSIÓN	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.1 TUBERIA AWWA C-900 4" RDE 18	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.2 CODO 90° 4" CXC AWWA C110	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.3 TEE CXC 4" AWWA C110	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.4 KIT TRANSICION C900/AC 4" 4" AWWA C110	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.5 TUBERIA ACERO CARBON D=4" SCH-40	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.6 TUBERIA ACERO CARBON D=2 1/2" SCH-40	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.7 TUBERIA ACERO CARBON D=1 1/2" SCH-40	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.8 BUSHING GALV. 4x2 1/2"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.9 BUSHING GALV. 2 1/2X1 1/2"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.10 UNION RIGIDA RANURADA 4"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.11 UNION RIGIDA RANURADA 2 1/2"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.12 UNION RIGIDA RANURADA 1 1/2"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.13 CODO GALV. 1,1/2x90	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.14 TEE AC 2,1/2"	
17. RED CONTRA INCENDIOS - 17.15. GABINETE CONTRA INCENDIO CLASE III	

Nota. La figura muestra la totalidad de tablas de cuantificación generadas en Revit para el modelo hidráulico de LP3, previo a su exportación a formato PDF. Fuente: Modelo PDC_CES_LP3_M3D_HDC_00_V01, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

La totalidad de las tablas de cantidades elaboradas durante el desarrollo de esta actividad para los sistemas de suministro de agua potable, drenaje, red contra incendios, eléctrico, iluminación y de apantallamiento de los hangares LP2 E1 y LP3 pueden consultarse a detalle en el Apéndice F. Cantidades de obra (Digital).

6.2.2 Actividad 7. Obtención de cantidades viales mediante hojas de cálculo Excel

La determinación de cantidades para el proyecto de vías nacionales siguió un enfoque tradicional, utilizando hojas de cálculo Excel programadas específicamente para calcular las cantidades de obra según los ítems de presupuesto.

La actividad consistió en apoyar la actualización, complementación y organización de la información contenida en los libros de Excel de cantidades, los cuales ya presentaban un desarrollo significativo para cada uno de los corredores, gracias al trabajo previo realizado por practicantes anteriores a la fecha de la realización de esta práctica.

En términos generales, se actualizaron las cantidades de varios ítems de presupuesto debido a modificaciones en el diseño geométrico y la estructura de pavimento, se adicionaron elementos que no habían sido contemplados inicialmente y se calcularon sus respectivas cantidades. Además, se calcularon cantidades de nuevos ítems incorporados, se actualizaron los formatos de presentación para evitar redundancia en la información y se determinaron las cantidades por kilómetro de proyecto (sectorización).

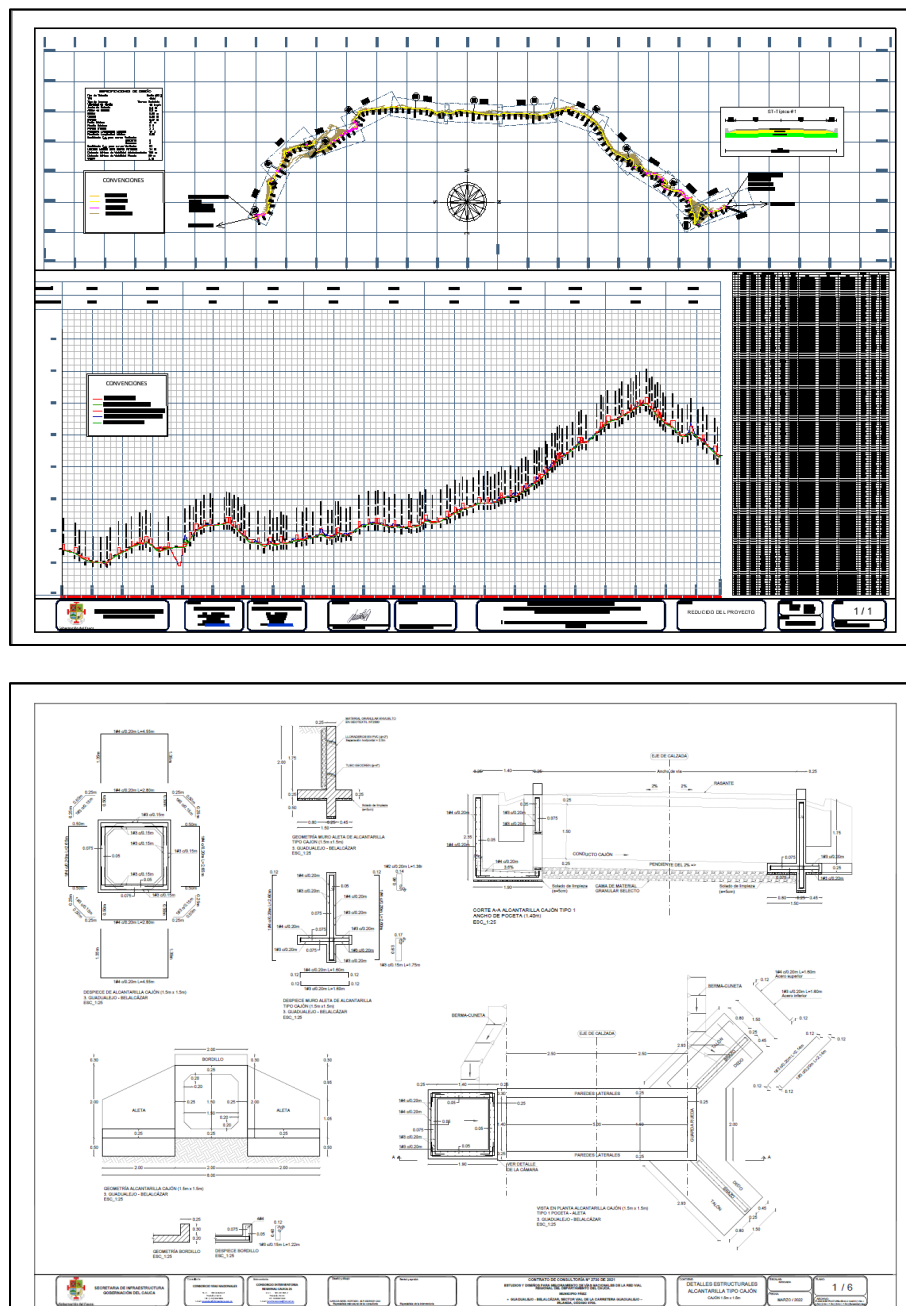
A continuación, se describen los procedimientos realizados para uno de los corredores del proyecto, el corredor Guadualejo-Belalcázar, conforme a lo indicado previamente. El procedimiento para los tres corredores restantes fue exactamente el mismo.

6.2.2.1 Reconocimiento del corredor vial. Previo a la determinación de cantidades, fue fundamental realizar un reconocimiento de los diseños del corredor vial, lo que incluía tanto el diseño geométrico como el de los elementos que lo conformaban, tales como alcantarillas proyectadas, box coulverts, puentes, muros de contención, pontones, entre otros.

Para el caso de ejemplo descrito en esta actividad, el tramo corresponde a la Vía Guadualejo-Belalcázar, sector vial de la carretera Guadualejo-Irlanda, con longitud aproximada de 10.9 Km, proyectado para ser pavimentado con pavimento flexible (ver Figura 79).

Figura 79

Plano reducido del corredor Guadalejo-Belalcázar, plano ejemplo de detalles de elementos presentes en el corredor



Nota. Plano reducido del corredor y plano de diseño estructural, contenidos en el Volumen II Estudio de trazado y diseño geométrico y el volumen VIII Estudio y diseño de estructuras, respectivamente. Fuente: Consorcio vías nacionales (2024).

6.2.2.2 Familiarización con las actividades del presupuesto. La actualización y determinación de nuevas cantidades requirió comprender la estructura del presupuesto, con el objetivo de identificar las actividades que conformaban cada uno de sus capítulos y sus respectivas unidades de medida (ver Figura 80). En el caso del corredor mencionado, el presupuesto estaba conformado por nueve capítulos, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Capítulos del presupuesto del corredor Guadualejo-Belalcázar

CAPITULO	DESCRIPCIÓN
1	EXPLANEACIONES
2	AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES
3	PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
4	URBANISMO Y PAISAJISMO
5	ESTRUCTURAS Y DRENAJES
6	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD
7	OBRAS VARIAS
8	TRANSPORTE
9	PUENTE METÁLICO

Nota: Datos tomados del Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, del Corredor Guadualejo-Belalcázar, Consorcio vías nacionales (2024).

Figura 80

Ejemplo de ítems dentro del capítulo 2 del presupuesto con su respectiva unidad de medida

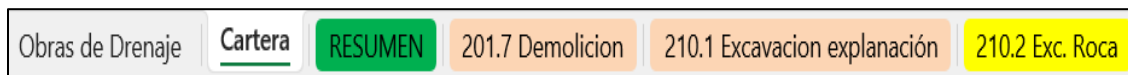
ART. INV - 2022	2. AFIRMADOS, SUBBASES Y BASES	UNIDAD
310.1	CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE	m ²
320.2	SUBBASE GRANULAR	m ³
330.2	BASE GRANULAR	m ³

Nota. La figura presenta de forma parcial las actividades del segundo capítulo del presupuesto del corredor. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

6.2.2.3 Actualización de carteras. El libro de Excel con las cantidades de obra del corredor contenía dos hojas base fundamentales para la determinación de cantidades denominadas: “Obras de drenaje” y “Cartera” (ver Figura 81). De estas dos, la hoja denominada “Cartera”, que contenía la *cartera de movimiento de tierras y cantidades de materiales del diseño geométrico*, extraída el software TOPO3 y proporcionada por el especialista en vías terrestres, requirió ser reajustada por cambios presentados en el diseño geométrico y en la estructura de pavimento propuesta inicialmente. En este sentido, fue necesario modificar la cartera y ajustar las cantidades de los ítems que dependían de ella como base de cálculo.

Figura 81

Hojas base del documento de cantidades



Nota. La figura presenta la ubicación de la hoja de cartera dentro del libro Excel de cantidades del corredor. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

La Figura 82 y Figura 83 muestran parte de la versión inicial y final de la cartera actualizada. Un análisis comparativo entre ambas permite observar modificaciones importantes en los volúmenes del tramo de estudio, así como la incorporación de nuevos componentes, como la carpeta asfáltica MDC-25.

Figura 82*Cartera inicial*

CARTERA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CANTIDADES DE MATERIALES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO										
TIPO	ABSCISA	LONGITUD	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE	TERRAPLEN A NIVEL DE SUBRASANTE (con Subbase)	MATERIALES CONFORMACIÓN ESTRUCTURA					
PUNTO	m	m	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN (m ³)	Carpeta Asfáltica MDC 19	Base	Subbase	Concreto Cuneta y bordillo	Mejoramiento	Relleno
	0									
		10	87.346	0.001	9.396	17.833	25.423	2.38	19.883	
	10									
		10	75.654		6.686	12.906	19.267	2.38	14.956	
	20									
		10	76.658		6.6	12.75	19.071	2.38	14.8	
Volumenes Totales (m ³):			94946.387	7211.137	7593.548	12072.748	17072.616	2561.876	2750.573	114.628

Nota. La figura presenta los volúmenes iniciales totales de la cartera de movimiento de tierras y materiales del diseño geométrico. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU's y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

Figura 83*Cartera actualizada*

CARTERA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y CANTIDADES DE MATERIALES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO											
TIPO	ABSCISA	LONGITUD	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE	TERRAPLEN A NIVEL DE SUBRASANTE	MATERIALES CONFORMACIÓN ESTRUCTURA						
PUNTO	m	m	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN (m ³)	Carpeta Asfáltica MDC 19	Carpeta Asfáltica MDC 25	Base	Subbase	Concreto Cuneta y bordillo	Mejoramiento	Relleno
	0										
		10	88.69	0.001	9.396		19.023	25.841	2.8	19.883	
	10										
		10	76.771		6.686		14.096	19.679	2.8	14.956	
	20										
		10	77.83		6.6		13.94	19.485	2.8	14.8	
Volumenes Totales (m ³):			98897.76	10958.8	4479.55	3622.000	12828.64	18658.66	2998.42	2752.4	40.21

Nota. La figura presenta los volúmenes actualizados totales de la cartera de movimiento de tierras y materiales del diseño geométrico, posterior a la modificación del trazado y la estructura de pavimento. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU's y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

6.2.2.4 Actualización de cantidades. Durante el desarrollo de la actividad, se ajustaron las cantidades de varios ítems debido a los cambios presentados, como el mencionado previamente. Por ejemplo, en el ítem 330.2 Base granular, la cantidad de base granular fue modificada como resultado de los ajustes en la hoja de “cartera”, lo que implicando una actualización en la determinación del volumen discriminado por abscisado (ver Figura 84).

Figura 84

Actualización de cantidad del ítem 330.2

330.2 BASE GRANULAR		
Abscisa (m)		330.2 BASE GRANULAR
INICIAL	FINAL	Volumen (m ³)
K0+000.00	K10+885.00	12072.75
Total (m ³)		12072.75

Abscisa (m)		Total Base (m ³)
INICIAL	FINAL	
K0+000.0	K1+000.0	1385.89
K1+000.0	K2+000.0	1184.16
K2+000.0	K3+000.0	971.79
K3+000.0	K4+000.0	1050.23
K4+000.0	K5+000.0	1036.20
K5+000.0	K6+000.0	1015.17
K6+000.0	K7+000.0	1037.33
K7+000.0	K8+000.0	1045.94
K8+000.0	K9+000.0	1185.64
K9+000.0	K10+000.0	1151.37
K10+000.0	K10+885.0	1009.03
Total (m ³)		12072.75
Total (m ³) =		12072.75

330.2 BASE GRANULAR		
Abscisa (m)		Base Granular estructura de pavimento según cartera (m ²)
INICIAL	FINAL	
K0+000	K1+000	1482.69
K1+000	K2+000	1257.15
K2+000	K3+000	1020.24
K3+000	K4+000	1125.53
K4+000	K5+000	1105.21
K5+000	K6+000	1070.71
K6+000	K7+000	1106.05
K7+000	K8+000	1116.60
K8+000	K8+500	651.01
K8+500	K9+000	603.74
K9+000	K10+000	1219.03
K10+000	K10+322	405.54
K10+322	K10+885	665.14
Total (m ²)		12828.64

Nota. Proceso de actualización de las cantidades del corredor. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

6.2.2.5 Determinación de nuevas cantidades. En la nueva versión del libro de cantidades, se incluyeron tanto nuevos componentes como APUs que inicialmente no habían sido considerados, por lo que no se presentaban cálculo de cantidades. Entre estos nuevos ítems y elementos se encontraron:

421.1 Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-60, debido a la presencia de dos carpetas asfálticas en parte del corredor en estudio, como resultado del diseño de la estructura de pavimento del segundo tramo homogéneo del corredor (ver Figura 85).

Figura 85

Cantidad de área para riego de liga

421.1 RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-60					
Abscisa (m)		Longitud (m)	Volumen total de mezcla asfáltica (m ³)	Espesor capa (m)	Área (m ²)
INICIAL	FINAL				
K0+000	K1+000	1000	0.00	0.00	0.00
K1+000	K2+000	1000	0.00	0.00	0.00
K2+000	K3+000	1000	0.00	0.00	0.00
K3+000	K4+000	1000	377.99	0.07	5399.90
K4+000	K5+000	1000	448.56	0.07	6408.01
K5+000	K6+000	1000	432.46	0.07	6178.00
K6+000	K7+000	1000	448.96	0.07	6413.64
K7+000	K8+000	1000	453.88	0.07	6483.96
K8+000	K8+500	500	270.21	0.07	3860.10
K8+500	K9+000	500	248.14	0.07	3544.91
K9+000	K10+000	1000	501.69	0.07	7166.94
K10+000	K10+322	322	167.41	0.07	2391.60
K10+322	K10+885	563	272.70	0.07	3895.71
Total (m ²)					51742.79

Nota. Determinación de la cantidad de área del tramo vial para la que se va a usar riego de liga. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

450.1 Mezcla densa en caliente MDC-25, ya que la propuesta inicial de la estructura de pavimento solo contemplaba mezcla densa en caliente MDC-19 (ver Figura 86).

Figura 86

Cantidad de mezcla asfáltica MDC-25

450.1 MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25		
Abscisa (m)		Carpeta Asfáltica
INICIAL	FINAL	
K0+000	K1+000	0.00
K1+000	K2+000	0.00
K2+000	K3+000	0.00
K3+000	K4+000	377.99
K4+000	K5+000	448.56
K5+000	K6+000	432.46
K6+000	K7+000	448.96
K7+000	K8+000	453.88
K8+000	K8+500	270.21
K8+500	K9+000	248.14
K9+000	K10+000	501.69
K10+000	K10+322	167.41
K10+322	K10+885	272.70
Total (m ³)		3622.00

Nota. Determinación de la cantidad de mezcla asfáltica MDC 25 a emplear en el corredor.

Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

630.1 Concreto estructural para muro $F'c$ 21Mpa, cuya cantidad ya había sido calculada, pero para el cual no se había considerado un nuevo elemento denominado “bordillo de confinamiento”, que debió ser calculado y agregado (ver Figura 87).

Figura 87

Volumen de concreto $F'c$ 21Mpa

630.1 CONCRETO ESTRUCTURAL PARA MURO $F'c$ 21 MPA						
SECTOR	Abscisa (m)		Altura Total Muro estructural a diseñar (m)	Concreto Muro según diseño estructural		
	INICIAL	FINAL		Área de la sección transversal(m ²)	Longitud (m)	Volumen Total (m ³)
K0+000 - K10+885	K0+278.00	K0+298.00	2.75	1.31	20	26.10
	K1+215.00	K1+227.00	3.50	1.78	12	21.39
	K2+176.00	K2+181.00	2.75	1.31	5	6.53
	K2+237.00	K2+261.00	2.00	1.02	24	24.42
	K2+391.00	K2+398.00	2.75	1.31	7	9.14
	K3+225.00	K3+236.00	4.50	3.43	11	37.73
	K3+782.00	K3+789.00	3.50	1.78	7	12.48
	K3+888.00	K3+895.00	3.50	1.78	7	12.48
	K7+703.00	K7+723.00	4.50	3.43	20	68.60
	K8+159.00	K8+180.00	2.75	1.31	21	27.41
	K8+926.00	K8+943.00	4.50	3.43	34	116.62
	K9+073.00	K9+082.00	3.50	1.78	9	16.04
	K9+647.00	K9+673.00	2.00	1.02	26	26.46
	K10+556.00	K10+590.00	4.50	3.43	34	116.62
	K10+822.00	K10+847.00	2.00	1.02	25	25.44
	K10+850.00	K10+885.00	3.50	1.78	35	62.39
Total volumen de concreto $F'c$ 21 Mpa(m ³)						609.83
SECTOR	Abscisa (m)		Bordillo de confinamiento			
	INICIAL	FINAL	Posición	Área de sección transversal (m ²)	Longitud (m)	Volumen(m ³)
K0+000 - K10+885	K1+065	K1+085	Derecha	0.278	20	5.56
	K1+288	K1+337	Derecha	0.278	49	13.622
	K1+376	K1+387	Derecha	0.278	11	3.058
	K2+300	K2+325	Izquierda	0.278	25	6.95
	K4+705	K4+715	Izquierda	0.278	10	2.78
	K6+673	K6+708	Izquierda	0.278	35	9.73
	K7+050	K7+060	Izquierda	0.278	10	2.78
	K7+544	K7+556	Izquierda	0.278	12	3.336
	K7+855	K7+867	Izquierda	0.278	12	3.336
	K7+895	K7+942	Izquierda	0.278	47	13.066
	K8+650	K8+674	Ambos	0.278	48	13.344
	K8+848	K8+867	Izquierda	0.278	19	5.282
	K9+444	K9+451	Izquierda	0.278	7	1.946
	K9+451	K9+460	Ambos	0.278	18	5.004
	K9+460	K9+464	Derecha	0.278	4	1.112
	K10+316	K10+322	Izquierda	0.278	6	1.668
Total(m ³)						92.574

Nota. Ajuste de la cantidad de concreto $F'c=21$ Mpa por adición de un nuevo elemento. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU's y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

6.2.2.6 Sectorización. Este paso consistió en desglosar las cantidades totales del presupuesto y del corredor, distribuyéndolas según el abscisado por kilómetro de proyecto para cada una de las actividades de la forma en que se muestra en la Figura 88.

Figura 88

Sectorización de las cantidades de transporte de materiales

900.2 TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 M) MEDIDOS A PARTIR DE CIENTO METROS (100 M)							
SECTOR	ITEM	Abscisa (m)		Volumen Compacto total (m ³)	Factor de expansión	Distancia de Acarreo (Km)	Total (m ³ *Km)
		INICIAL	FINAL				
K0+000 - K10+885	EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES	K0+000.00	K10+885.000	128567.08	1.30	10.00	1671372.04
	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR	K0+000.00	K10+885.000	18828.59	1.30	10.00	244771.67
	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	K0+000.00	K10+885.000	691.75	1.35	10.00	9338.63
Total (m ³ *km)							1925482

Sectorización

Abscisa (m)		EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES (m ³ *Km)	EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR (m ³ *Km)	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS (m ³ *Km)	Total (m ³ *Km)
INICIAL	FINAL				
K0+000	K1+000	88338.886	23285.04	1019.63	112643.56
K1+000	K2+000	173408.027	15975.39	504.79	189888.21
K2+000	K3+000	296858.640	19391.94	673.06	316923.63
K3+000	K4+000	110164.053	23903.54	1093.72	135161.31
K4+000	K5+000	172486.335	22451.59	841.32	195779.25
K5+000	K6+000	78501.277	22251.81	757.19	101510.28
K6+000	K7+000	52867.831	17633.66	803.24	71304.73
K7+000	K8+000	241230.685	22118.43	673.06	264022.17
K8+000	K8+500	121112.414	12669.23	689.69	134471.33
K8+500	K9+000	71624.803	16375.10	504.79	88504.70
K9+000	K10+000	81284.184	19388.67	504.79	101177.65
K10+000	K10+322	36301.977	7127.09	848.57	44277.64
K10+322	K10+885	147192.916	22200.14	424.71	169817.77
Total (m ³ *Km)		1671372.03	244771.65	9338.55	1925483

Nota. Ejemplo del proceso de sectorización realizado en las actividades componentes del presupuesto de obra. Fuente: Volumen XIII. Estudio de cantidades de obra, APU's y presupuesto, Consorcio vías nacionales (2024).

El resultado de este proceso, llevado a cabo durante el desarrollo de esta actividad, puede ser consultado en el Apéndice F. Cantidades de obra (Digital), el cual contiene las cantidades actualizadas de los corredores del proyecto vial.

6.3 COSTOS Y PRESUPUESTO

La determinación de los costos y la elaboración del presupuesto son fundamentales en cualquier proyecto de infraestructura, ya que estos procesos impactan directamente en la viabilidad económica y en el éxito de la obra. El presupuesto, como herramienta de planificación, permite desglosar de manera detallada los recursos necesarios, incluyendo materiales, mano de obra, equipos, herramientas y otros insumos. Esta información facilita una gestión eficiente del proyecto, la toma de decisiones y asegura que se cuente con los recursos adecuados para llevar a cabo la obra.

Este capítulo tiene como objetivo describir las actividades realizadas como apoyo en la elaboración del documento de costos y presupuestos. Cabe aclarar que el practicante no tuvo participación directa en la elaboración de los análisis de precios unitarios de las actividades descritas en el documento, pero si colaboró en la consolidación del documento de presupuesto del proyecto mediante la aplicación SAGUT.

6.3.1 Actividad 8. Generación de APU's en SAGUT

Esta actividad consistió en la consolidación de los análisis de precios unitarios (APUs) correspondientes a uno de los 18 capítulos del presupuesto generado para cada uno de los hangares de Cotecmar, específicamente el capítulo de Voz, datos y CCTV. El proceso implicó transferir la información desde un archivo Excel común generado por el especialista externo del sistema de voz, datos y CCTV hacia la aplicación SAGUT utilizada por Dhelta Ingeniería Civil S.A.S para la elaboración del presupuesto del proyecto. Esta información posteriormente era revisada por el especialista de costos y presupuesto de la empresa para su respectiva aprobación.

El proceso fue el siguiente:

6.3.1.1 Reconocimiento de los ítems del capítulo. El apoyo en la generación de los APU's en SAGUT comenzó con el reconocimiento y comprensión de las actividades que componían el capítulo (ver Figura 89). De esta manera se tenía un entendimiento claro de lo que se debía realizar.

Figura 89

Actividades del capítulo Voz, datos y cctv, entregado por el especialista externo

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND
VOZ, DATOS Y CCTV		
1	Salida toma de datos SENCILLOS I (incluye Face Plate, jakc cat 6a, caja rawelt 4x4, suplemento 4x4.	UND
2	Salida toma de datos DOBLES I (incluye Face Plate, jakc cat 6a, caja rawelt 4x4, suplemento 4x4.	UND
3	Suministro e instalación cable UTP 6A libre de Halogenos certificado.	ML
4	Suministro e instalación tubería IMC 3/4	ML
5	Bandeja tipo ducto cerrado con peldaños de 10x5 cm	ML
6	Rack de piso cerrado de 45 RU 2, 190mm x 800mm x 8000mm Alto, Ancho y Profundidad	UND
7	Suministro e instalación de ROUTER LINKSYS EA-4500	UND
8	Suministro e instalación de Nvr 12mp 4k De 24 Cámaras Ip 16 Bahías 2 Red Hdmi,	UND
9	Cámara Ptz Ip De 4megapixel A 25x Zoom Ir150m	UND
10	Cámara domo 1080p 5MP - sensor grande 5M Presolución de imagen: 2048 x 1536, 3MP - ángulo de visión amplio	UND
11	Suministro e Instalación de fibra óptica mono Multimodo OM4 con acopladores LC desde Rack General hasta Rack.	ML

Nota. Actividades componentes del capítulo de voz, datos y cctv del presupuesto general de los hangares LP2 E1 y LP3. Fuente: Documento de costos y presupuesto, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.3.1.2 Revisión de los APU's generados por el especialista externo. Cada actividad y su correspondiente análisis de precio unitario se revisaba para entender su composición, considerando aspectos como materiales, mano de obra y equipos (ver Figura 90).

Durante esta revisión, se detectó una particularidad: el especialista externo no calculaba el costo de la herramienta menor como el 5% de la mano de obra, sino como el 5% de un valor fijo establecido en 198 000 COP.

Figura 90

Ejemplo de APU generado por el especialista externo

2.0	Salida toma de datos DOBLES (incluye Face Plate, jack cat 6a, caja rawelt 4x4, suplemento4x4.	Und	\$	209,290.0	\$	272,078.00
COSTOS DIRECTOS						
1. MATERIALES.						
CODIGO	NOMBRE O DESCRIPCIÓN DE INSUMO	UND	RENDI/TO	P. UNIT.	P. TOTAL	
	CAJA 4 X 4" RAWELT	UND	1.000	\$ 27,000.00	\$ 27,000.00	
	SUPLEMENTO GALV. PARA CAJA 4 X 4"		1.000	\$ 1,220.00	\$ 1,220.00	
	FACE PLATE DOS SALIDAS	UND	1.000	\$ 7,500.00	\$ 7,500.00	
	JACK RJ45 CATEGORIA 6A BLINDADO	UND	2.000	\$ 27,900.00	\$ 55,800.00	
	CERTIFICACION DE CABLEADO	UND	1.000	\$ 23,000.00	\$ 23,000.00	
Sub Total Materiales en Obra					\$ 114,520.00	
2. EQUIPOS.						
CODIGO	NOMBRE O DESCRIPCIÓN DE INSUMO	UND	RENDI/TO	P. UNIT.	P. TOTAL	
	Herramienta menor		5%	\$ 198,000.00	\$ 9,900.00	
Sub Total Equipos y Herramientas					\$ 9,900.00	
3. MANO DE OBRA						
CODIGO	NOMBRE O DESCRIPCIÓN DE INSUMO	UND	RENDI/TO	P. UNIT.	P. TOTAL	
	M.O. ELECTRICAS 2 AYUDANTE-1 OFI	HC	0.900	\$ 94,300.00	\$ 84,870.00	
Sub Total Mano de Obra					\$ 84,870.00	
					\$ 209,290.00	

Nota. La figura muestra el formato utilizado por el especialista externo para la generación de los APU's del capítulo. Fuente: Documento de costos y presupuesto del especialista, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.3.1.3 Creación de ítem en SAGUT. Con el conocimiento de las actividades y su estructura, se procedió a crear en la base de datos de SAGUT (ver Figura 91) cada uno de los ítems componentes del capítulo y su respectivo análisis de precios unitarios.

Figura 91

Base de datos de SAGUT

INICIO	Cambiar	BUSCAR:	ALFABET	PASA ITEM	SAGUT 2022.1		AGREGAR	INSUMOS		X
ULTIM	A Prepara	COD	PARTE TXT	Ir Análisis			ELIMINA IT	CAPITULOS	Nvo. Capit.	Nvo. Ppto.
CODIGO	DESCRIPCION				UND	C. DIRECTO	UNIT. TOTAL			
IM9033	MARCAS VIALES				m2	34,600	34,600			
IM9034	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA				m3	685,220	685,220			
IM9035	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA				m3	685,220	685,220			
NV4502	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 - COMPRA DE				M3	1,067,640	1,067,640			
NV4503	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 - PARA BANDAS				M2	21,350	21,350			
IN4501	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 - COMPRA DE				M3	1,018,410	1,018,410			
IN8111	PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA				M2	60,360	60,360			
IM9036	PROTECCIÓN VEGETAL DE TALUDES				m2	20,240	20,240			

Nota. Base de datos interna de APU's de Dhelta Ingeniería Civil S.A.S. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

El procedimiento de creación del APU se desarrolló de la siguiente manera:

6.3.1.3.1 Creación del ítem en la base de datos. Se añadían nuevos ítems a SAGUT, definiendo un código, una descripción y la unidad de medida de la actividad, según lo indicado en el capítulo proporcionado por el especialista (ver Figura 92)

Figura 92
Creación de listado de precios (actividades) en base de datos

The screenshot displays the SAGUT 2022.1 application interface. At the top, there are navigation buttons: INICIO, Cambiar, BUSCAR (with ALFABET and COD options), PASA ÍTEM, Ir Análisis, AGREGAR, INSUMOS, CAPITULOS, and Nvo. Ppto. The main area shows a table of items with columns: CODIGO, DESCRIPCION, UND, C. DIRECTO, and UNIT. TOTAL. The table lists various items under categories like SALIDAS SONIDO, SALIDAS LLAMADO ENFERMERIA, and SALIDAS ESPECIALES. A 'NUEVO ÍTEM' dialog box is open, showing fields for COD (NV6234), Descrip (SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES (INCLUYE FACE PLATE, JACK CAT)), and UND (UND). The dialog includes buttons for IMPORT, SIMILAR, CANCELAR, and ACEPTAR. A status bar at the bottom indicates 'El Ítem se Agrega a la BD en la Línea: 443'.

CODIGO	DESCRIPCION	UND	C. DIRECTO	UNIT. TOTAL
0506	SALIDAS SONIDO			
050608	PARLANTE-CIELO FALSO-TIPO MUSICAR	UND	126,980	126,980
050610	REGILLA CIRCULAR BLANCA TIPO MUSICAR	UND	44,050	44,050
0507	SALIDAS LLAMADO ENFERMERIA			
0509	SALIDAS ESPECIALES			
050915	DISCADOR TELEFONICO PARA 8 NUMEROS			
050913	FUSIBLE PARA SIRENA			
050916	INTERRUPTOR CON CINTA FOTOLUMINICENTE			
NV6234	SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES L(INCLUYE FACE PLATE)			
NV6233	SALIDA TOMA DE DATOS SENCILLOS L(INCLUYE FACE PLATE)			
050914	PANEL DE CONTROL BLOQUEO Y PANTALLA LCD			
050903	PULSADOR TIMBRE			
050904	SAL ALARMA COMUNITARIA (C/T)			
050912	SIRENA DE 110 V			

Nota. Creación de ítem de presupuesto en la base interna del aplicativo SAGUT. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.3.1.3.2 Creación de insumos. Si los insumos, que incluían materiales, mano de obra, y equipos, no se encontraban en la base de datos se procedía con su creación, pues eran la base de la generación de los APU. Para ello se definía el tipo de insumo, su descripción, unidad de medida, valor unitario y su clasificación correspondiente como se muestra en la Figura 93.

Figura 93

Creación de nuevo insumo en la base de datos de SAGUT

Nota. Creación de insumo en la base interna del aplicativo SAGUT para la generación de los APU de las actividades. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.3.1.3.3 Asignación del insumo al APU. Una vez registrados los insumos y creados los ítems en la base de datos, se asignaron los insumos (materiales, mano de obra y equipos) correspondientes al APU de cada actividad (ver Figura 94 y Figura 95). Esto permitió calcular el costo directo por unidad de la actividad.

Figura 94

Asignación de material al APU

Nota. Asignación del material creado en la base de datos SAGUT durante la determinación del APU de la actividad. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 95

Asignación de la mano de obra

CONSULTORIA INTEGRAL DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA APALANCARÁN LA PRODUCCIÓN FUTURA DE BUQUES, DE DESCRITAS EN EL ANEXO DENOMINADO "ALCANCE" DE LA		INSERTAR INSUMO		X	
		CODIGO		Trae de otro	
		INSUMOS BD		ANALISIS	
SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES L(INCLUYE FACE PLATE, JAKC C					
DESCRIPCION					
MATERIALES					
CERTIFICACION DE CABLEADO					
JACK RJ45 CATEGORIA 6A BLINDADO					
FACE PLATE DOS SALIDAS					
SUPLEMENTO GALV. PARA CAJA 4 X 4"					
CAJA 4 X 4" RAWELT					
MANO DE OBRA					
M.O. ELECTRICAS 2 AYUDANTE-1 OFI					

6.3.1.4 Asignación de la actividad al capítulo. Una vez los ítems fueron ingresados en la base de datos, se asignaron al capítulo correspondiente, generando así el capítulo completo en el aplicativo SAGUT con las actividades que lo componían (ver Figura 97).

Figura 97

Asignación de actividad al capítulo

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT
SUBTOTAL CAP. 12. INSTALACIONES ELÉCTRICAS:				
13	SISTEMA DE VOZ, DATOS Y CCTV			
13.1	SALIDA TOMA DE DATOS SENCILLOS L(INCLUYE FACE PLATE, JACK CAT SA, CAJA 350MLL, JAK SUPLEMENTORIA)	UND	8	181.350
13.2	SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES L(INCLUYE FACE PLATE, JACK CAT SA, CAJA 350MLL, JAK SUPLEMENTORIA)	UND	5	209.250
13.3	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE UTP 5A LIBRE DE HALOGENOS	ML	1082.91	20.403
13.4	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA MC 3/4"	ML	24.31	74.476
13.5	RAVESA TIPO DUCTO CONRADO CON PULGONES DE 10X10 CM	ML	143.795	119.911
13.6	RACK DE PRO CONRADO DE 48 RU2 100MM X 100MM X 100MM ALTO ANCHO	UND	1	12.584.644
13.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE ROUTER LINKSYS EA-4500	UND	1	1.801.976
13.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE WIR COMP AC DE 24 CABLES IP 10 BARRAS 2	UND	1	14.251.976
13.9	CAMARA PTZ IP DE AMEGAPIXELA 2X 200M VISUM - PUE	UND	2	4.181.976
13.11	CAMARA COMO 1080P SMP - SENSOR GRAVE 5M PRESOLUCION DE IMAGEN 246X 153 SMP - ANGULO DE VISION AMPLIO - PUE	UND	6	1.769.865
SUBTOTAL				

Nota. Generación del capítulo del presupuesto de obra para LP2 E1 y LP3. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.3.1.5 Determinación del costo directo del capítulo. Finalmente, el costo del capítulo se calculó multiplicando la cantidades de obra determinadas como se ha descrito previamente, por los precios unitarios de cada actividad.

El resultado del proceso para el capítulo del Sistema de voz, datos y CCTV se muestra en la Figura 98 y Figura 99, para LP2 E1 y LP3, respectivamente.

Los respectivos análisis de precios unitarios del capítulo generados en SAGUT pueden ser consultados en el Apéndice G. Análisis de precios unitarios (Digital).

Figura 98

Costo directo del sistema de voz, datos y cctv de LP2 E1

13 SISTEMA DE VOZ, DATOS Y CCTV						91,703,057
13.1	SALIDA TOMA DE DATOS SENCILLOS L(INCLUYE FACE PLATE, JAKC CAT 6A, CAJA RAWELT 4X4,SUPLEMENTO4X4.	UND	8	181,350		1,450,800
13.2	SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES L(INCLUYE FACE PLATE, JAKC CAT 6A, CAJA RAWELT 4X4,SUPLEMENTO4X4.	UND	5	209,250		1,046,250
13.3	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE UTP 6A LIBRE DE HALOGENOS CERTIFICADO.	ML	1082.91	20,603		22,311,195
13.4	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA IMC 3/4	ML	24.31	74,476		1,810,512
13.5	BANDEJA TIPO DUCTO CERRADO CON PELDAÑOS DE 10X5 CM	ML	145.795	119,911		17,482,424
13.6	RACK DE PISO CERRADO DE 45 RU 2,190MM X 800MM X 800MM ALTO, ANCHO Y PROFUNDIDAD	UND	1	12,584,644		12,584,644
13.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE ROUTER LINKSYS EA-4500	UND	1	1,801,976		1,801,976
13.8	SUMINISTRO E INSTALACION DE NVR 12MP 4K DE 24 CÁMARAS IP 16 BAHÍAS 2 RED HDMI	UND	1	14,231,976		14,231,976
13.9	CÁMARA PTZ IP DE 4MEGAPIXEL A 25X ZOOM IR150M - PoE	UND	2	4,181,976		8,363,952
13.11	CÁMARA DOMO 1080P 5MP - SENSOR GRANDE 5M PRESOLUCIÓN DE IMAGEN: 2048 X 1536, 3MP - ÁNGULO DE VISIÓN AMPLIO - PoE	UND	6	1,769,888		10,619,328
SUBTOTAL						91,703,057

Nota. La figura presenta el costo directo del capítulo de voz, datos y cctv obtenido a partir del aplicativo SAGUT para el hangar LP2 E1. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

Figura 99

Costo directo del sistema de voz, datos y cctv de LP3

13 SISTEMA DE VOZ, DATOS Y CCTV						235,576,366
13.1	SALIDA TOMA DE DATOS SENCILLOS L(INCLUYE FACE PLATE, JAKC CAT 6A, CAJA RAWELT 4X4,SUPLEMENTO4X4.	UND	2	181,350		362,700
13.2	SALIDA TOMA DE DATOS DOBLES L(INCLUYE FACE PLATE, JAKC CAT 6A, CAJA RAWELT 4X4,SUPLEMENTO4X4.	UND	5	209,250		1,046,250
13.3	SUMINISTRO E INSTALACION CABLE UTP 6A LIBRE DE HALOGENOS CERTIFICADO.	ML	910	20,603		18,748,730
13.4	SUMINISTRO E INSTALACION TUBERIA IMC 3/4	ML	1309.56	74,476		97,530,791
13.5	BANDEJA TIPO DUCTO CERRADO CON PELDAÑOS DE 10X5 CM	ML	78.75	119,911		9,442,991
13.7	SUMINISTRO E INSTALACION DE ROUTER LINKSYS EA-4500	UND	1	1,801,976		1,801,976
13.9	CÁMARA PTZ IP DE 4MEGAPIXEL A 25X ZOOM IR150M - PoE	UND	3	4,181,976		12,545,928
13.12	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FIBRA OPTICA MONO MULTIMODO OM4 CON ACOPLADORES LC DESDE RACK GENERAL HASTA RACK .	ML	250	376,388		94,097,000
SUBTOTAL						235,576,366

Nota. La figura presenta el costo directo del capítulo de voz, datos y cctv obtenido a partir del aplicativo SAGUT para el hangar LP3. Fuente: Aplicativo SAGUT, Consorcio estudios y diseños 2023 (2024).

6.4 DETERMINACIÓN DE ÁREAS DE AFECTACIÓN PREDIAL

Durante el desarrollo de las obras de infraestructura vial, es común que se generen impactos sobre las propiedades ubicadas en el área de influencia del proyecto. Estos impactos pueden manifestarse en la afectación de terrenos, construcciones y cultivos, los cuales son necesarios para la construcción de la vía, puentes y otras estructuras. En el caso del proyecto de vías nacionales, las afectaciones se produjeron principalmente por la ampliación de la vía y el cambio de su alineamiento.

En este sentido, dado que es fundamental identificar y determinar los predios afectados, así como la extensión de la afectación, se llevaron a cabo diversas actividades como apoyo en la identificación y cuantificación de las áreas afectadas. A continuación, se detallan las actividades de apoyo realizadas en este proceso, tomando como ejemplo el corredor *Crucero Cuatro Esquinas – El tambo*. El procedimiento realizado para el corredor *Rionegro – Tacueyó* siguió los mismos procedimientos.

6.4.1 Actividad 9. Identificación y cuantificación de áreas de afectación predial

La identificación y cuantificación de las áreas de afectación requirió de información específica para su correcto desarrollo. Esta información incluyó el diseño geométrico del corredor, información predial y catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), fotografías tomadas en campo y ortofoto tomada con dron.

El proceso llevado a cabo fue el siguiente:

6.4.1.1 Obtención de información del IGAC. Se descargó información actualizada a partir de los datos abiertos proporcionados en la plataforma del IGAC, con el fin de obtener el croquis del mapa catastral del departamento del Cauca. Este croquis fue inicialmente descargado en formato Shape y posteriormente llevado a formato DWG en proceso realizado por el especialista de la empresa encargado del área predial (ver Figura 100 y Figura 101).

Figura 100*Datos abiertos catastro*

Bases de datos Catastrales - Cobertura Departamental

Información Geográfica y Alfanumérica

Conjunto de Datos	Metadato	Descarga de Archivos
Bases de datos Catastrales Geográficas y Alfanuméricas por Departamento		

Bases de datos Catastrales - Cobertura Nacional

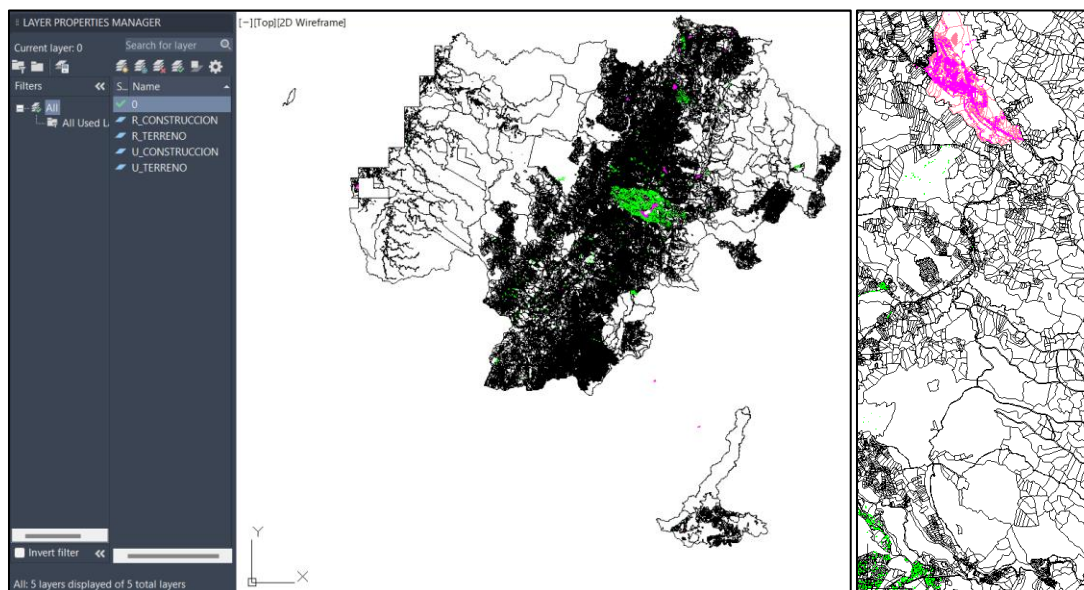
Información Alfanumérica - Cobertura Nacional

Conjunto de Datos	Descarga de Archivos
Registro 1 y 2	

Información Geográfica- Cobertura Nacional

Conjunto de Datos	Datos geográficos	Geoservicios	Metadato
Base de datos Geográfica Catastral			

Nota. Datos tomados a partir de la información proporcionada por el IGAC. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

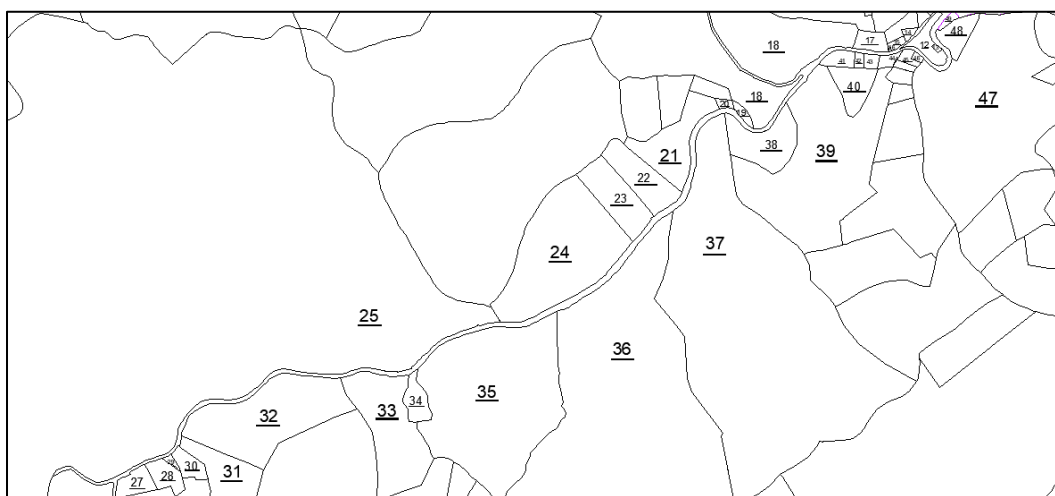
Figura 101*Mapa catastral del departamento del Cauca*

Nota. Mapa catastral en formato DWG generado a partir de la información proporcionada por el IGAC. Fuente: Consorcio vías nacionales (2024).

6.4.1.2 Identificación de predios colindantes. Consistió en el proceso de identificación y numeración de los predios colindantes con el corredor vial en estudio, mediante un identificador ID (ver Figura 102). De esta forma, se identificaban los linderos de los predios con posible afectación predial, eliminando la información innecesaria.

Figura 102

Numeración de predios colindantes

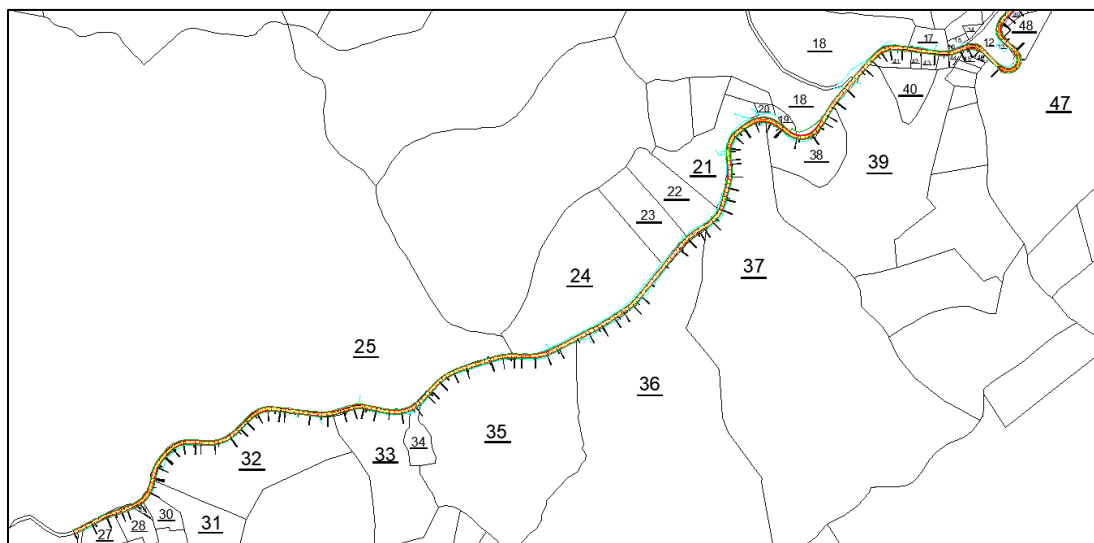


Nota. Numeración de tramos colindantes al tramo en estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa catastral del departamento del Cauca.

6.4.1.3 Superposición del diseño geométrico y ajuste de límites. Consistió en la implantación del diseño geométrico y su respectivo levantamiento topográfico sobre los predios identificados en el mapa catastral obtenido del IGAC. En esta fase, se incorporaron datos como el eje de vía, los bordes de vía, línea de chaflanes, abscisado, paramentos, cercos, entre otros (ver Figura 103). A partir de esta información, especialmente del levantamiento topográfico de precisión mediante estación total y por la detección de inconsistencias debido a errores notorios en la definición de límites de los predios por la no coincidencia de estos respecto a la topografía levantada en campo por la consultoría, se tomaron los cercos como referencia del límite predial y en aquellos casos donde no existían se tomó como referencia los bordes de vía existente.

Figura 103

Implantación de diseño geométrico y levantamiento topográfico



Nota. Implantación del diseño geométrico sobre los tramos numerados colindantes al tramo en estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa catastral del departamento del Cauca y el diseño geométrico del corredor.

6.4.1.4 Determinación de áreas de afectación predial. Para determinar el área afectada, una vez realizados los ajustes mencionados, el procedimiento consistió en el aislamiento de los límites prediales del corredor en un archivo con extensión DXF, que se importó al archivo de diseño del corredor vial en el software TOPO3. Este software permitió la cuantificación del área de afectación predial en cada predio, a partir de la intersección de los límites prediales ajustados con las líneas de chaflanes de corte y terraplén generadas por el diseño.

Dentro del software se crearon los tipos de áreas de terreno existentes, asignándoles un identificador ID de acuerdo con la numeración de los predios descrita previamente. Finalmente, se obtuvo la cartera de áreas existentes afectadas proporcionada por TOPO3 para la obtención de las áreas de afectación predial en el corredor (ver Figura 104). Esta información como se verá en la actividad 11 se utilizó posteriormente para complementar la tabla predial del

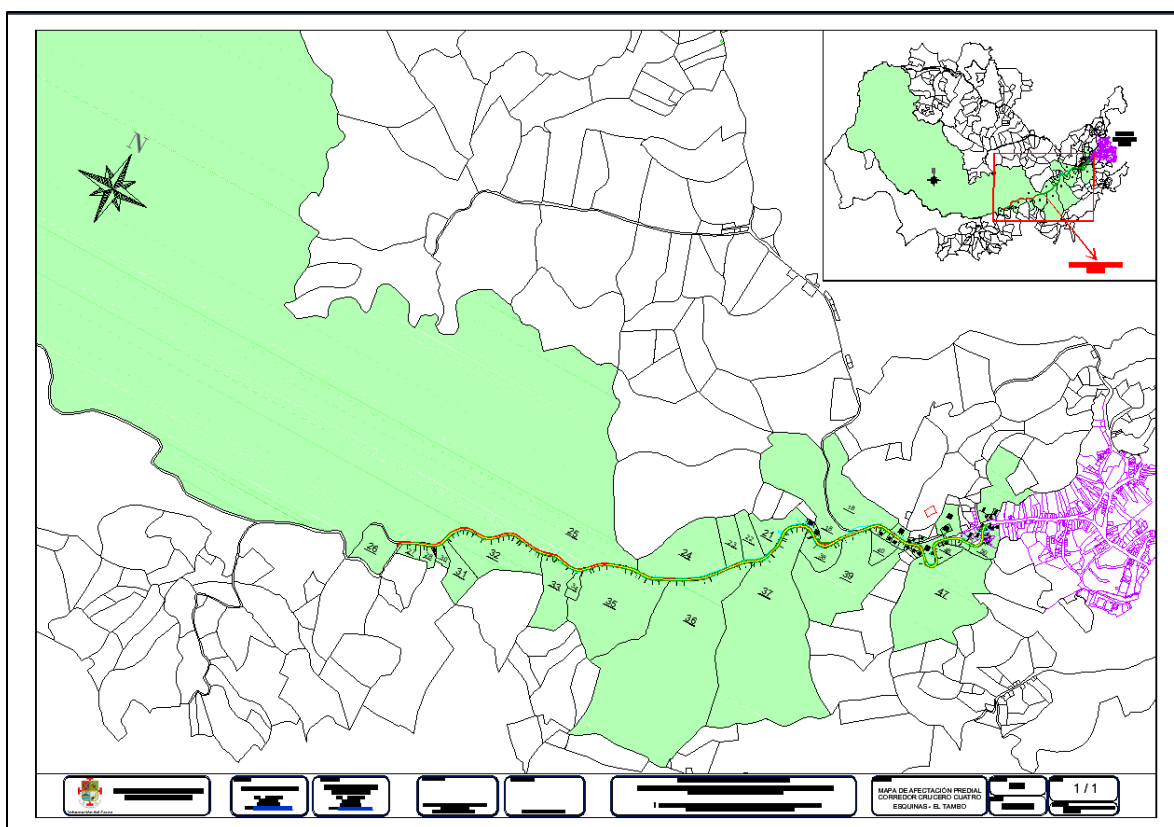
6.4.2 Actividad 10. Elaboración de mapa predial del corredor

Con el objetivo de resaltar como los predios eran o no afectados por el proyecto vial, se procedió a generar el mapa predial del corredor. Este mapa fue elaborado a partir de los procedimientos descritos en la actividad 9 de este capítulo, que incluyeron la numeración de predios colindantes, la superposición del diseño geométrico del corredor y el ajuste de los límites prediales. El mapa incluye el sombreado de las áreas afectadas (color rojo), la organización del rótulo del proyecto, así como el ajuste y escala de vistas, y demás aspectos propios de la generación de planos en CAD.

El resultado de este procedimiento se refleja en la Figura 105 y Figura 106.

Figura 105

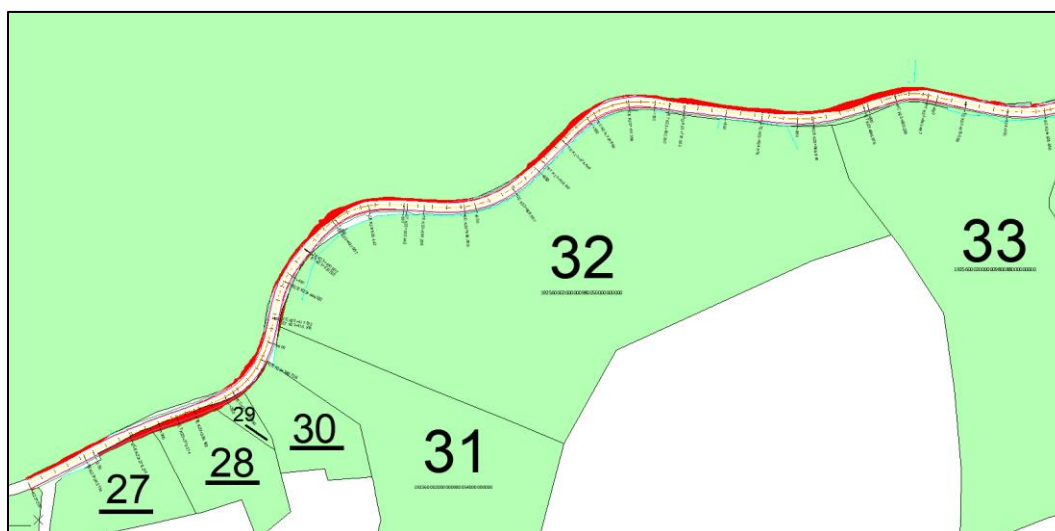
Plano de afectación predial del corredor Crucero cuatro esquinas - El Tambo



Nota. Mapa de afectación predial generado. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa catastral del departamento del Cauca y el diseño geométrico del corredor.

Figura 106

Visualización de afectación predial mostrada en el plano



Nota. La figura muestra la afectación generada por el proyecto vial en parte del corredor en estudio. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa predial del corredor.

Los planos de afectación predial desarrollados durante esta actividad para los diferentes corredores pueden consultarse en el Apéndice H. Afectación predial (Digital).

6.4.3 Actividad 11. Elaboración de tabla y fichas prediales

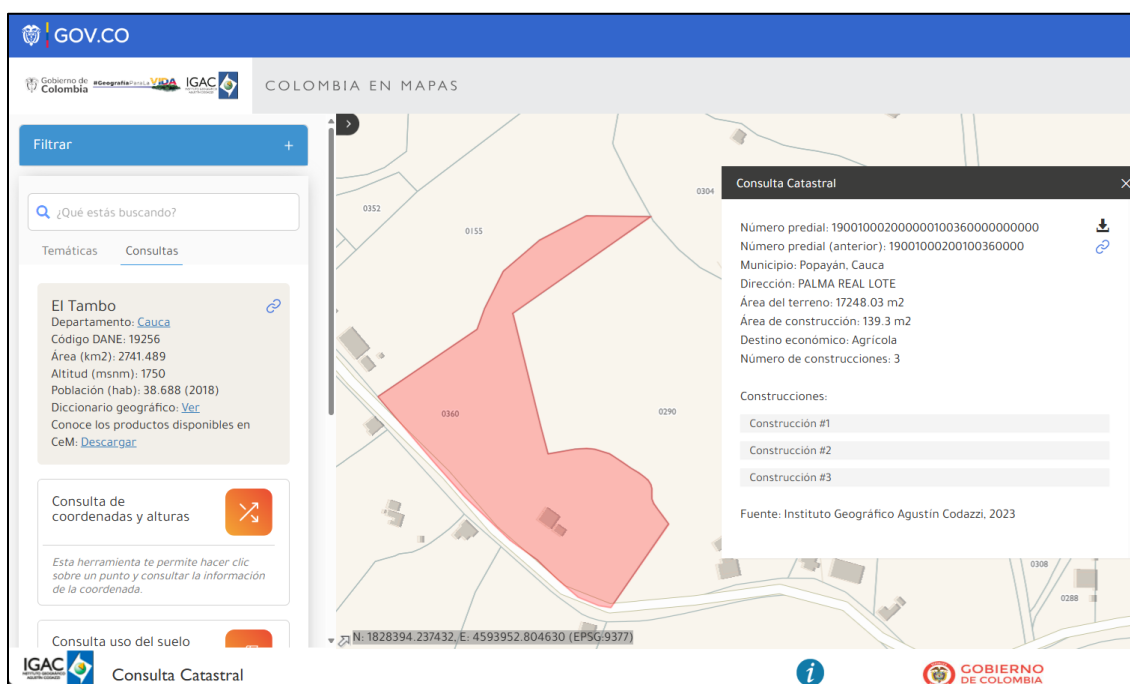
La tabla y fichas prediales son dos documentos clave en el proceso de gestión predial. Durante el desarrollo del *volumen XI Estudio de gestión predial*, se brindó apoyo en la elaboración de estos documentos a partir de los formatos Excel desarrollados por Dhelta ingeniería civil S.A.S, utilizando la información obtenida de los datos abiertos y la consulta catastral del geoportal de IGAC (ver Figura 107). Dentro de esta información consultada, recopilada y actualizada se encuentran datos como municipio, número predial, destino económico, área del terreno, número de edificaciones, etc.

Toda esta información, junto con la cuantificación de las áreas de afectación determinadas en la actividad 9, fue incluida en la tabla predial. Esta tabla sirvió como base para

la elaboración de las fichas prediales de cada uno de los predios colindantes, las cuales contenían información del predio, la naturaleza de la afectación (parcial o total), la existencia o no de afectación y una imagen del predio obtenida del plano de afectación predial (ver Figura 108)

Figura 107

Consulta catastral Geoportal IGAC



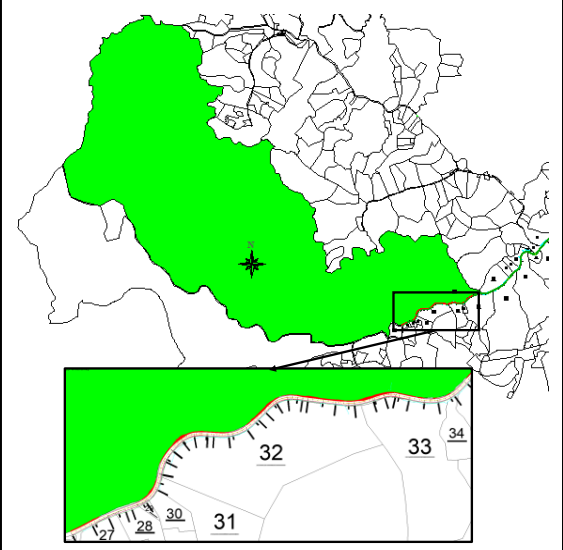
Nota. Datos tomados a partir de la información proporcionada por el IGAC. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

A continuación, se presentan los formatos utilizados para la tabla y las fichas prediales (ver Figura 108). Estos documentos, para los corredores correspondientes, pueden ser consultados para mayor detalle en el Apéndice H. Afectación predial (Digital).

Figura 108

Formato de tabla y ficha predial

ID	TIPO TERRENO	Municipio	CODIGO CATASTRAL	VEREDA_COD/MANA NA_COD	CODIGO_ANT	Área (m²)	Área (Ha)	Área construida (m²)	Cantidad edificaciones	ÁREA AFECTADA (m²)	ÁREA AFECTADA (Ha)	DESTINO ECONÓMICO	DIRECCIÓN
17	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000370063000000000	192560002000000037	19256000200370063000	3000.00	0.3	101	1	2.749	0.0002249	Agropecuario	EL DIVISO
18	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000370041000000000	192560002000000037	19256000200370041000	120000.00	12	115	1	832.915	0.0832915	Agropecuario	LA LAJA
19	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980089000000000	192560002000000098	19256000200980089000	5000.00	0.5	0	0	155.698	0.0155698	Agropecuario	LA AGUADITA
20	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980073000000000	192560002000000098	19256000200980073000	1256.00	0.1256	45	1	0	0	Agropecuario	LA BALASTRERA
21	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980098000000000	192560002000000098	19256000200980098000	24291.00	2.4291	0	0	0	0	Agropecuario	LAS VERANERAS
22	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980018000000000	192560002000000098	19256000200980018000	15800.00	1.58	179	3	0	0	Agropecuario	LA AGUADITA
23	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980103000000000	192560002000000098	19256000200980103000	15328.00	1.5328	0	0	14.043	0.0014043	Agropecuario	LOTE 1
24	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980068000000000	192560002000000098	19256000200980068000	59742.00	5.9742	0	0	37.329	0.0037329	Agropecuario	ZARZALITO
25	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000700055000000000	192560002000000070	19256000200700055000	12230000.00	1223	26931	26	1436.63	0.1436629	Agropecuario	ALTO DEL REY
26	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980067000000000	192560002000000098	19256000200980067000	23000.00	2.3	0	0	1.473	0.0001473	Agropecuario	EL MIRADOR
27	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980072000000000	192560002000000098	19256000200980072000	4650.00	0.465	63	1	126.496	0.0126496	Agropecuario	EL MANGO
28	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980062000000000	192560002000000098	19256000200980062000	4920.00	0.492	108	1	252.501	0.0252501	Agropecuario	EL MIRADOR
29	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980058000000000	192560002000000098	19256000200980058000	80.00	0.008	36	1	75.138	0.0075138	Agropecuario	EL TRIANGULO
30	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980053000000000	192560002000000098	19256000200980053000	3595.00	0.3595	80	1	30.427	0.0030427	Agropecuario	EL RECUERDO
31	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980054000000000	192560002000000098	19256000200980054000	18951.00	1.8951	123	1	6.786	0.0006786	Agropecuario	LOS LISOS
32	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980054000000000	192560002000000098	19256000200980054000	44983.00	4.4983	185	2	70.912	0.0070912	Agropecuario	LOTE
33	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980088000000000	192560002000000098	19256000200980088000	35000.00	3.5	60	1	0.003	0.0000003	Agropecuario	ZARZALITO
34	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980065000000000	192560002000000098	19256000200980065000	5000.00	0.5	24	1	0	0	Agropecuario	EL PROGRESO
35	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980015000000000	192560002000000098	19256000200980015000	104000.00	10.4	0	0.92	0.000092	0.000092	Agropecuario	EL BOQUERON
36	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980017000000000	192560002000000098	19256000200980017000	309830.00	30.983	0	0	5.038	0.0005038	Agropecuario	LA AGUADITA
37	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980064000000000	192560002000000098	19256000200980064000	257500.00	25.75	0	0	158.491	0.0158491	Agropecuario	LA AGUADITA
38	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000980066000000000	192560002000000098	19256000200980066000	10166.00	1.0166	0	0	208.417	0.0208417	Agropecuario	LA AGUADITA
39	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380079000000000	192560002000000038	19256000200380079000	85000.00	8.5	0	0	41.217	0.0041217	Agropecuario	LA TRINCHERA
40	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380040000000000	192560002000000038	1925600020038004000	10800.00	1	0	0	0	0	Agropecuario	EL OVELISCO
41	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380078000000000	192560002000000038	19256000200380078000	1400.00	0.14	0	0	196.334	0.0196334	Agropecuario	LOTE DEL PILO
42	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380077000000000	192560002000000038	19256000200380077000	800.00	0.08	0	0	38.934	0.0038934	Agropecuario	EL OVELISCO CENTRO
43	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380076000000000	192560002000000038	19256000200380076000	1280.00	0.128	0	0	70.344	0.0070344	Agropecuario	EL YUCAL
44	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380001000000000	192560002000000038	19256000200380001000	1260.00	0.126	42	1	122.91	0.012291	Agropecuario	EL OVELISCO
45	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380020000000000	192560002000000038	1925600020038002000	1000.00	0.1	33	1	119.748	0.0119748	Agropecuario	EL OVELISCO
46	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000380075000000000	192560002000000038	19256000200380075000	600.00	0.06	49	2	28.19	0.002819	Agropecuario	LA CURVA
47	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000310078000000000	192560002000000031	19256000200310078000	121838.00	12.1838	0	0	252.279	0.0252279	Agropecuario	LA FLORIDA
48	Rural	19256-EL TAMBO	192560002000000310159000000000	192560002000000031	19256000200310159000	5875.00	0.5875	71	1	41.41	0.004141	Agropecuario	LOTE CASA
49	Urbano	19256-EL TAMBO	192560100000000300007000000000	192560100000000030	19256010000300007000	769.00	0.0769	0	0	7.369	0.0007369	Habitacional	C 2 12 59
50	Urbano	19256-EL TAMBO	192560100000000300006000000000	192560100000000030	19256010000300006000	5917.00	0.5917	93	1	8.808	0.0008808	Habitacional	K 11 1 15

CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 2730 DE 2021 OBJETO: "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA MEJORAMIENTO DE VÍAS NACIONALES DE LA RED VIAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA"		 "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA MEJORAMIENTO DE VÍAS NACIONALES DE LA RED VIAL REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA"		CONSORCIO VÍAS NACIONALES N.I.T. 901518261-9	
			FICHA PREDIAL IGAC		
TIPO DE TERRENO: Rural			PREDIO N° 25		
ÁREA CONSTRUIDA: 26931 m²			AFECTACIÓN DISEÑO GEOMÉTRICO		
CANTIDAD EDIFICACIONES: 26			Total Parcial ☒		
AFECTACIÓN: SI ☒ NO ☐			OBSERVACION:		
DEPARTAMENTO: 19 - Cauca			MUNICIPIO: 19256-EL TAMBO		
CODIGO PREDIAL NUEVO: 192560002000000700055000000000			CODIGO PREDIAL ANTERIOR: 19256000200700055000		
MATRÍCULA INMOBILIARIA: 0			NOMBRE DEL PROPIETARIO: 0		
DOC IDENTIFICACIÓN: 0			DESTINO ECONOMICO: Agropecuario		
DIRECCION: ALTO DEL REY			ÁREA DE TERRENO (m²): 12230000		
PR.INICIAL: K23+200			PR.FINAL: K24+303		
CUADRO DE ÁREAS TOTAL (m²)					
TERRENO (m²): 12230000		TOTAL: 12230000		ÁREA DE AFECTACIÓN DE TERRENO: 1436.629	
CONVENCIÓNES: Eje de Vía: — Borde de calzada: — Borde de vía (Bordillo): — Cerco existente: — Línea de Chalfanes: — Predios: —			DIBUJO:  FECHA: ENERO, 2025		
N° REVISIONES: 1, 2, 3, 4, 5, 6 D/M/A: 0, 0, 0, 0, 0, 0 REV.: 0, 0, 0, 0, 0, 0 APR.: 0, 0, 0, 0, 0, 0			CONSULTORÍA: CONSORCIO VÍAS NACIONALES INTERVENTORÍA: CONSORCIO INTERVENTORIA REGIONAL CAUCA 21, N.I.T. 901.537.961-7		
OBSERVACIONES: Con afectación predial de cercos					

Nota. Tabla y ficha predial del corredor Crucero cuatro esquinas – El Tambo. Fuente:

Elaboración propia a partir del mapa predial del corredor, la información proporcionada por el

IGAC y los formatos de fichas prediales.

Al final de este proceso, se determinaron el número de predios afectados de acuerdo con la información del IGAC en el área de influencia directa del proyecto. En total fueron afectados 33 predios de 59 predios, según se muestra en la Tabla 6, correspondiente al corredor tomado como ejemplo en el desarrollo de esta actividad.

Tabla 6

Resumen de predios afectados

TRAMO	SECTOR	TOTAL Predios afectados/ Predios área de influencia directa
Crucero Cuatro Esquinas – El Tambo	K23+200 – K26+205	33 de 59

Nota. Elaborada a partir de la información contenida en la tabla predial del corredor.

7 CONCLUSIONES

- El desarrollo de las actividades en el rol de auxiliar de ingeniería en los proyectos de consultoría desarrollados por Dhelta Ingeniería Civil S.A.S ha permitido alcanzar los objetivos planteados para la práctica profesional. Durante el tiempo establecido se contribuyó en diversas áreas, llevando a cabo actividades de apoyo como la cuantificación de cantidades de obra, lo que facilitó la elaboración y consolidación del presupuesto de los proyectos. Así mismo, se participó en la identificación y cuantificación de áreas de afectación predial, lo que permitió determinar el impacto de los proyectos viales en el área de influencia. Además, se utilizaron herramientas de software BIM en la generación, integración y coordinación de los modelos de información, lo que contribuyó a un mejor desarrollo del proyecto del plan de desarrollo de capacidades Cotecmar, reflejándose en un proyecto mejor compatibilizado. Este desempeño demuestra el cumplimiento de los objetivos establecidos.
- La experiencia desarrollada durante el estancia en un entorno profesional de consultoría ha sido significativa en el desarrollo profesional. A través de la realización de las diversas actividades, se lograron fortalecer competencias técnicas y habilidades como el trabajo en equipo, además de ampliar el conocimiento y el manejo de herramientas BIM aplicadas al desarrollo de proyectos. Esta experiencia no solo añadió valor a los proyectos en los que se participó, sino que también favoreció el crecimiento personal y profesional del practicante.
- El desarrollo de las actividades en los proyectos ha permitido comprender mejor la dinámica dentro de la consultoría y la interrelación que existe entre las distintas ramas de la ingeniería, como geotécnica, vías, estructuras, hidráulica, ambiental, entre otras. Por ejemplo, para el proyecto de vías nacionales, la relación existente entre el volumen XI. Estudio de gestión predial y el Volumen II. Estudio de trazado y diseño geométrico.

De esta manera se ha logrado asimilar y comprender los volúmenes y estudios componentes de un proyecto desde el ámbito laboral en ingeniería civil.

- La implementación de la metodología BIM en un proyecto real, proporciona una experiencia única, permitiendo ser testigo en primer plano de la revolución digital en la construcción. A través del proceso se experimentó la evolución en los métodos tradicionales, pasando de la planimetría a modelos que incorporan información tanto geométrica, como de costos y tiempo, lo que representa una mejora de los procesos de desarrollo y precisión del diseño. A través de esta experiencia se ha tenido la oportunidad de aprender, entender y aplicar una metodología innovadora que, aunque no es nueva en el mercado, resulta novedosa para quienes no están familiarizados con ella.
- Aunque el programa de ingeniería civil de la Universidad del Cauca ofrece la electiva BIM, la experiencia vivida durante el desarrollo de un proyecto con esta metodología resalta la necesidad de profundizar en este tema dentro del programa. Es fundamental formar ingenieros capacitados en la denominada transformación digital de la construcción, no solo en el manejo de herramientas de software BIM, sino también en el entendimiento integral de los conceptos y procesos asociados a una metodología que se está implementado a nivel nacional tanto en el sector público como privado.

8 BIBLIOGRAFÍA

BIM Forum Colombia. (2024). *Glosario de términos BIM*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

BIM Forum Colombia. (2024). *Guía de roles y perfiles en la metodología BIM*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

BIM Forum Colombia. (2024). *Guía de usos BIM*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

BIM Forum Colombia. (2024). *Plan de ejecución BIM de desarrollo (BEP)*. Obtenido de <https://camacol.co/productividad-sectorial/digitalizacion/bim-forum/bim-kit>

BuildinSMART Spain. (s.f.). *¿Qué es BIM?* Obtenido de BuildinSMART Spain: <https://www.buildingsmart.es/bim/>

Dhelta Ingeniería Civil S.A.S. (2024). *Dhelta Ingeniería Civil SAS: Empresa dedicada a la Consultoría e interventoría de proyectos de infraestructura*. Obtenido de <https://dhingenieria.com.co/>

Gobernación del Cauca, Secretaría de infraestructura. (2020). *Anexo técnico- Estudios y diseños para mejoramiento de vías nacionales de la red vial regional del departamento del Cauca*.

Plan de desarrollo de capacidades Cotecmar, BIM Execution Plan. (2024).

Universidad del Cauca. (14 de Octubre de 2014). *Resolución FIC-820 de 2014 (reglamento de trabajo de grado en la Facultad de Ingeniería Civil)*. Obtenido de <https://portal.unicauca.edu.co/versionP/documentos/resoluciones/resoluci%C3%B3n-fic-820-de-2014-reglamento-de-trabajo-de-grado-en-la-facultad-de-ingenier%C3%AD-civil>

Universidad del Cauca. (12 de julio de 2024). *Acuerdo número 027 de 2012, Reglamento de trabajo de grado en los programas de pregrado de la Universidad del Cauca*

(Actualizado a 12 de julio de 2024). Obtenido de

https://www.unicauca.edu.co/archivos/publicos/DOC_66b40a0e7a83a5_31632176.pdf

9 ANEXOS

Anexo A. Resolución de trabajo de grado

Anexo A. Certificado de cumplimiento de horas

9.1 Anexo A. Resolución de trabajo de grado (Digital)

[<https://drive.google.com/drive/folders/1I9dCDOWbNa0lWNVE0SiPsQsieZpPhHhI?usp=sharing>]

9.2 Anexo B. Certificado de cumplimiento de horas (Digital)

[\[https://drive.google.com/drive/folders/1A91FZBhcJHVN22xKP2val9G6w8qRVf21?usp=sharing\]](https://drive.google.com/drive/folders/1A91FZBhcJHVN22xKP2val9G6w8qRVf21?usp=sharing)

10 APENDICES

Apéndice A. Modelos BIM – Especialidad hidráulica

Apéndice B. Modelos federados

Apéndice C. Informes de interferencias (Clash Detective)

Apéndice D. Planos

Apéndice E. Simulación constructiva

Apéndice F. Cantidades de obra

Apéndice G. Análisis de precios unitarios (APUs)

Apéndice H. Afectación predial

10.1 Apéndice A. Modelos BIM – Especialidad hidráulica (Digital)

[https://drive.google.com/drive/folders/1vNnnvoW3FOgJYwL36oljgQQ4VFd-WwHR?usp=drive_link]

10.2 Apéndice B. Modelos federados (Digital)

[[https://drive.google.com/drive/folders/1GSTKymkDZH9KU1Cb3TY2XXzd6IaRY9P?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1GSTKymkDZH9KU1Cb3TY2XXzd6IaRY9P?usp=drive_link)]

10.3 Apéndice C. Informes de interferencias (Digital)

[[https://drive.google.com/drive/folders/1CmEqRpHQBytd9PHZBYKrnEohYxg45awy?usp=drive link](https://drive.google.com/drive/folders/1CmEqRpHQBytd9PHZBYKrnEohYxg45awy?usp=drive_link)]

10.4 Apéndice D. Planos (Digital)

[https://drive.google.com/drive/folders/1DdMxH0Qi1KZ3Aks1Pu-qX35lqcfwcV6l?usp=drive_link]

10.5 Apéndice E. Simulación constructiva (Digital)

[\[https://drive.google.com/drive/folders/1Ddlb7DPNKWxf2IzdqNX3r-4NxB1AWH3L?usp=drive link\]](https://drive.google.com/drive/folders/1Ddlb7DPNKWxf2IzdqNX3r-4NxB1AWH3L?usp=drive_link)

10.6 Apéndice F. Cantidades de obra (Digital)

[\[https://drive.google.com/drive/folders/1DdqMa-7nfXqQtbiMkCMCsmGfWaZKrVW?usp=drive link\]](https://drive.google.com/drive/folders/1DdqMa-7nfXqQtbiMkCMCsmGfWaZKrVW?usp=drive_link)

10.7 Apéndice G. Análisis de precios unitarios (Digital)

[\[https://drive.google.com/drive/folders/1Dg7luZSRA5TRkZ_sOUOl4VJuA67gx4Th?usp=drive_link\]](https://drive.google.com/drive/folders/1Dg7luZSRA5TRkZ_sOUOl4VJuA67gx4Th?usp=drive_link)

10.8 Apéndice H. Afectación predial (Digital)

[\[https://drive.google.com/drive/folders/1DkSReZEWA5cC5qC3jUOrPOTEBQSyU1Eb?usp=drive_link\]](https://drive.google.com/drive/folders/1DkSReZEWA5cC5qC3jUOrPOTEBQSyU1Eb?usp=drive_link)