

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN PARA UN EDIFICIO DE 10 NIVELES UBICADO EN LA ZONA DE ALTO SAN ANTONIO”**

**POSTULANTES:**

**CERRUTO HUAMPO CHRISTIAN**  
**CHOQUE ALBA ARIEL ALBERTO**  
**MASCO MAMANI GASTON RICARDO**

**TUTOR:**

**MSc. ING. JHON ANTONY MORENO BARRENECHEA**

**La Paz – Bolivia**

**2022**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer a nuestra casa de estudios por formarnos a lo largo de toda nuestra vida universitaria, agradecer a nuestros docentes, por transmitirnos conocimientos para nuestra vida profesional, a nuestros compañeros, por estar ahí a lo largo de todas las materias y todas las experiencias vividas.

También un agradecimiento especial a nuestras familias por estar con nosotros y darnos el soporte y apoyo incondicional que nos brindaron ya que sin ellos este proyecto de grado no sería posible.

**Christian Cerruto Huampo**

**Ariel Alberto Choque Alba**

**Gaston Ricardo Masco Mamani**

**Abril, 2022**

**DEDICATORIAS:**

***Dedicatoria Ariel Alberto Choque Alba:***

*A mis padres Alberto Choque Nina e Irene Enriqueta Alba Marca, por todo lo que representan en mi vida, este proyecto es para ustedes. Gracias por estar conmigo.*

***Dedicatoria Christian Cerruto Huampo:***

*A mis padres Antonio Cerruto Fuentes, Rosmery Huampo Rojas y mi hermana Vania Cerruto Huampo, por el apoyo incondicional, el cariño y el amor que me brindaron durante esta etapa de mi vida.*

***Dedicatoria Gaston Ricardo Masco Mamani:***

*A mis padres, Sabino Masco Cruz y Esperanza Sofia Saico Mamani por su amor, apoyo, comprensión y educación durante esta larga y hermosa carrera, Ingeniería Civil.*

*A mis hermanos, Bethza Be, Armin Blas y Mónica Clara por su ejemplo y apoyo condicional.*

*A mis queridos sobrinos.*

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM EN LAS FASES DE  
PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN PARA UN EDIFICIO  
DE 10 NIVELES UBICADO EN LA ZONA DE ALTO SAN ANTONIO**

**Postulante:** Cerruto Huampo Christian

**Correo:** chriscerruto@gmail.com

**Dirección:** Calle D N° 125 Z. Alto Pampahasi

**Celular:** 72588949

**Postulante:** Choque Alba Ariel Alberto

**Correo:** ariel.c.consultor@gmail.com

**Dirección:** Av. Circunvalación No. 263 Z. Santiago II

**Celular:** 77546520

**Postulante:** Masco Mamani Gaston Ricardo

**Correo:** ricargciv@gmail.com

**Dirección:** C. Moises santivañez No 7255 V. Mercedes B **Celular:** 69761627

**RESUMEN:**

En el marco de la necesidad de mostrar los intercambios de información y la colaboración entre las distintas disciplinas que concurren en el desarrollo de un proyecto de edificación bajo la metodología BIM, se desarrolló el presente proyecto de grado el cual contempla los lineamientos del Estándar BIM para proyectos Públicos de Chile, el Estándar ISO 19650 y la BIM Project Execution Planning Guide de la Universidad Park de Pensilvania en donde se cumple los requerimientos de usos BIM, roles BIM, procesos e intercambios de información, entregables BIM, niveles de información NDI, estados de avance de la información EAIM, estrategias de plataformas de colaboración y organización y control de calidad de los modelos. Todos estos componentes se desarrollaron a través de flujos de trabajo para el modelado arquitectónico, diseño y modelado estructural, hidrosanitario y de gas domiciliario, estimación de costos de todas las especialidades, planificación de fases, coordinación y planificación de obra. El diseño de especialidades fue realizado de manera simultánea y se vio que se requiere de un mayor esfuerzo que la metodología tradicional debido a que el diseño final de cada especialidad debía estar coordinado con las demás. Para lograr esta coordinación, toda la información se gestionó en un entorno de datos compartidos en la nube el cual fue creado a partir de plataformas de uso libre. Se implementaron softwares de distintas casas por lo que fue necesario el uso de los formatos IFC y BCF ante la incompatibilidad presente, para su aplicación, fue necesario tener un flujo de trabajo definido en el PEB para que al generar estos archivos se evite la pérdida de información.

**IMPLEMENTATION OF A BIM EXECUTION PLAN IN THE PLANNING, DESIGN  
AND PRE-CONSTRUCTION PHASES FOR A 10-STORY BUILDING LOCATED IN  
THE ALTO SAN ANTONIO AREA**

**Applicant:** Cerruto Huampo Christian

**E-mail:** chricerruto@gmail.com

**Address:** Calle D N° 125 Z. Alto Pampahasi

**Cell phone:** 72588949

**Applicant:** Choque Alba Ariel Alberto

**E-mail:** ariel.c.consultor@gmail.com

**Address:** Av. Circunvalación No. 263 Z. Santiago II

**Cell phone:** 77546520

**Applicant:** Masco Mamani Gaston Ricardo

**E-mail:** ricargciv@gmail.com

**Address:** C. Moises Santivañez No 7255 V. Mercedes B

**Cell phone:** 69761627

**ABSTRACT:**

Because of the need to show the information exchanges and collaboration between the different disciplines that participate in the development of a building project using the BIM methodology, the present degree project contemplates the guidelines of the BIM Standard for Public projects for Chile, the ISO 19650 Standard and the BIM Project Execution Planning Guide of the Park University of Pennsylvania. The requirements for BIM's uses, BIM's roles, processes and information exchanges, BIM documents, NDI information levels, EAIM information progress status, collaboration platform strategies, and organization and quality of the models. All these components were developed through workflows for architectural modeling, structural design, and modeling, plumbing and gas design, cost estimation of all specialties, phase planning, coordination, and construction planning. The design authoring was developed simultaneously and it was realized that it required more effort than the traditional methodology because the final design of each specialty had to be coordinated with the others. To achieve this coordination, all the information was managed in a common data environment which was created from free use platforms. Software from different houses was used, so it was necessary to use the IFC and BCF formats due to the incompatibility present, for its application, it was necessary to have a workflow defined in the BIM execution plan to avoid the loss of information.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO PRIMERO</b> .....	34
1.1. INTRODUCCIÓN .....	34
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	34
1.3. JUSTIFICACIÓN GENERAL .....	36
1.4. FINES .....	37
1.5. ESTADO DEL ARTE .....	37
1.6. OBJETIVOS .....	39
1.6.1. Objetivo general .....	39
1.6.2. Objetivos específicos .....	39
1.7. ALCANCE .....	39
<b>CAPÍTULO SEGUNDO</b> .....	40
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	41
2.1. Actor .....	41
2.2. BIM .....	41
2.3. Curva de Macleamy .....	41
2.4. Plan de Ejecución BIM .....	42
2.5. Trabajo colaborativo .....	42
2.6. Entorno de Datos Compartidos (CDE) .....	42
2.6.1. Procesos de intercambios de información .....	44
2.7. Clasificación del estado de adopción de BIM .....	44
2.7.1. Nivel 0 .....	44
2.7.2. Nivel 1 .....	44
2.7.3. Nivel 2 .....	45
2.7.4. Nivel 3 .....	45
2.8. Las 7 dimensiones BIM .....	45
2.9. Entidad .....	46
2.10. Modelos BIM .....	47
2.10.1. Tipos de modelo BIM .....	47
2.11. Consolidación de modelos BIM .....	47
2.12. Etapas para la construcción de una edificación .....	48
2.12.1. Fase de planificación .....	48
2.12.2. Fase de diseño .....	48
2.12.3. Fase de construcción .....	49

2.12.4. Fase de operación.....	49
2.13. Usos BIM.....	49
2.13.1. Levantamiento de condiciones existentes.....	49
2.13.2. Estimación de cantidades y costos .....	49
2.13.3. Planificación de fases.....	50
2.13.4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación).....	50
2.13.5. Análisis de ubicación .....	50
2.13.6. Coordinación 3D.....	50
2.13.7. Diseño de especialidades.....	50
2.13.8. Revisión del diseño .....	50
2.13.9. Análisis estructural.....	50
2.13.10. Análisis lumínico.....	51
2.13.11. Análisis energético .....	51
2.13.12. Análisis mecánico .....	51
2.13.13. Otros análisis de ingeniería.....	51
2.13.14. Evaluación de sustentabilidad .....	51
2.13.15. Validación normativa .....	52
2.13.16. Planificación de obra.....	52
2.13.17. Diseño de sistemas constructivos .....	52
2.13.18. Fabricación digital.....	52
2.13.19. Control de obra.....	52
2.13.20. Modelación as-built.....	52
2.13.21. Gestión de activos .....	53
2.13.22. Análisis de sistemas.....	53
2.13.23. Mantenimiento preventivo.....	53
2.13.24. Gestión y seguimiento de espacios .....	53
2.13.25. Planificación y gestión de emergencias .....	53
2.14. Roles BIM.....	54
2.15. NDI (Nivel de información).....	55
2.16. Entregables BIM .....	56
2.17. Estándares BIM.....	56
2.17.1. Estándar .....	56
2.18. ISO 19650.....	56
2.18.1. Estándar BIM para proyectos Públicos (Chile) .....	57

2.19. Herramientas de trabajo.....	57
2.19.1. Interoperabilidad entre software BIM (general, local, nativa).....	57
2.19.2. Software.....	57
2.19.2.1. Contextcapture.....	57
2.19.2.2. Recap pro.....	57
2.19.2.3. Civil 3D.....	58
2.19.2.4. Revit.....	58
2.19.2.5. Robot Structural Analysis.....	58
2.19.2.6. Adapt Builder.....	58
2.19.2.7. Arquímedes y control de obra.....	58
2.19.2.8. Naviswork.....	58
2.19.2.9. Synchro pro.....	58
2.19.2.10. BIMCollab.....	59
2.19.2.11. MS project.....	59
2.20. Coordinación.....	59
2.21. Open BIM.....	59
2.22. BCF.....	59
2.23. IFC.....	60
<b>CAPÍTULO TERCERO.....</b>	<b>60</b>
<b>3. MARCO PRÁCTICO.....</b>	<b>61</b>
3.1. PLAN DE EJECUCIÓN BIM.....	61
3.1.1. Información básica del proyecto.....	61
3.1.2. Empresas participantes.....	62
3.1.3. Objetivos y usos BIM.....	62
3.1.4. Contactos para el desarrollo de los usos BIM.....	63
3.1.5. Roles BIM.....	64
3.1.5.1. Gestor BIM o BIM Manager.....	64
3.1.5.2. Coordinador BIM.....	64
3.1.5.3. Modelador BIM.....	65
3.1.5.4. Revisión BIM.....	65
3.1.6. Diagramas BIM.....	65
3.1.6.1. Mapa de software e interoperabilidad.....	65
3.1.6.2. Procesos de intercambio de información.....	66
3.1.6.3. Mapa de procesos de los usos BIM Nivel 1.....	67

3.1.6.4. Mapa de procesos de usos BIM nivel 2 .....	68
3.1.7. Entregables BIM .....	69
3.1.7.1. Modelos BIM solicitados y sus formatos.....	69
3.1.7.2. Entidades requeridas para cada tipo de modelo .....	70
3.1.7.3. Niveles de Información .....	70
3.1.7.4. Niveles de información para cada estado de avance de la información .....	71
3.1.7.5. Estado de avance de información de los modelos BIM para cada entrega.....	71
3.1.7.6. Documentos solicitados y sus formatos.....	71
3.1.8. Estrategia y plataformas de colaboración .....	72
3.1.8.1. Entorno de datos compartidos (CDE).....	72
3.1.8.2. Consolidación de los modelos. ....	72
3.1.8.3. Procedimiento de reuniones.....	73
3.1.9. Organización de los modelos.....	73
3.1.9.1. Estructuración de los modelos BIM.....	73
3.1.9.2. Nomenclatura de los archivos BIM .....	73
3.1.9.3. Nombre de los modelos BIM.....	75
3.1.9.4. Estructura de carpetas.....	75
3.1.9.5. Código y colores por disciplinas y/o sistemas .....	76
3.1.10. Control de calidad de los modelos .....	78
3.2. ENTORNO DE DATOS COMPARTIDOS (CDE).....	78
3.2.1. Creación de las plataformas de colaboración y gestión documental .....	78
3.2.2. Creación de la plataforma para el formato de requerimiento de información y colaboración .....	80
3.2.3. Archivos centrales y copias locales .....	80
3.3. DISEÑO, MODELADO Y FLUJOS DE TRABAJO .....	82
3.3.1. MODELO DE SITIO .....	82
3.3.1.1. Flujo de trabajo modelo de sitio .....	82
3.3.1.2. Restitución fotogramétrica .....	83
3.3.1.3. Modificar nube de puntos.....	87
3.3.1.4. Georreferenciar, crear la superficie topografía y extraer las curvas de nivel .....	88
3.3.1.5. Importar, georreferenciar y crear la superficie topográfica en Revit.....	89
3.3.1.6. Crear el archivo central y copia local .....	90
3.3.1.7. Establecer fases de construcción .....	90
3.3.1.8. Modificar la superficie topográfica a requerimiento del proyecto .....	91
3.3.1.9. Generar entregables BIM .....	93

3.3.2. MODELO VOLUMÉTRICO .....	95
3.3.2.1. Flujo de trabajo modelo de volumétrico .....	95
3.3.2.2. Adquirir coordenadas del vínculo y establecer el punto base del proyecto .....	96
3.3.2.3. Levantamiento de las condiciones existentes.....	96
3.3.2.4. Diseño conceptual del edificio.....	97
3.3.2.5. Crear niveles, designar usos y espacios requeridos.....	98
3.3.2.6. Crear archivo central y copia local .....	98
3.3.2.7. Generar entregables BIM .....	99
3.3.3. MODELO ARQUITECTÓNICO .....	100
3.3.3.1. Flujo de trabajo modelo de arquitectónico.....	100
3.3.3.2. Adquirir coordenadas del vínculo y establecer el punto bases del proyecto .....	101
3.3.3.3. Diseño arquitectónico.....	101
3.3.3.4. Modelado básico del diseño arquitectónico .....	101
3.3.3.5. Crear archivo central y copia local .....	107
3.3.3.6. Modificar el modelo por requerimientos técnicos de las otras disciplinas .....	108
3.3.3.7. Modelado a detalle del diseño arquitectónico.....	108
3.3.3.8. ¿Requiere modificación por coordinación con las otras disciplinas? .....	113
3.3.3.9. Estudios energéticos del modelo arquitectónico .....	113
3.3.3.10. Generar entregables BIM.....	118
3.3.4. MODELO ESTRUCTURAL .....	120
3.3.4.1. Flujo de trabajo modelo estructural .....	120
3.3.4.2. Generar el archivo central y copia local .....	121
3.3.4.3. Modelado de anteproyecto de entidades estructurales .....	122
3.3.4.4. Refinar, modificar geometría del modelo .....	124
3.3.4.5. Agregar propiedades de material .....	127
3.3.4.6. Modelo analítico.....	128
3.3.4.7. Exportar modelo análisis estructural (losa aligerada 2D) .....	129
3.3.4.8. Analizar y diseñar losa posteada.....	130
3.3.4.9. Verificar condiciones de servicio .....	136
3.3.4.10. Exportar losa posteada al modelo central .....	137
3.3.4.11. Actualizar modelo de diseño estructural.....	137
3.3.4.12. Refinar y modificar entidades verticales.....	138
3.3.4.13. Exportar modelo de análisis .....	138
3.3.4.14. Análisis y diseño del modelo.....	139

3.3.4.15. Exportar modelo de análisis al modelo central .....	145
3.3.4.16. Actualizar modelo de diseño estructural.....	145
3.3.4.17. Generar entregables BIM.....	147
3.3.5. MODELO MEP SANITARIO .....	149
3.3.5.1. Flujo de trabajo Modelo Sanitario .....	149
3.3.5.2. Creación del archivo central y copia local.....	150
3.3.5.3. Diseño básico del modelo Sanitario.....	150
3.3.5.4. Coordinar la ubicación de aparatos sanitarios y equipos mecánicos.....	150
3.3.5.5. Diseño a detalle del modelo sanitario .....	154
3.3.5.6. Incorporación de parámetros a las entidades .....	160
3.3.5.7. Generación de entregables BIM. ....	162
3.3.6. MODELO INSTALACIÓN DE GAS .....	164
3.3.6.1. Flujo de trabajo modelo de gas.....	164
3.3.6.2. Crear archivo central y copia local .....	165
3.3.6.3. Adquirir las coordenadas del vínculo y establecer el punto base del proyecto.....	165
3.3.6.4. Localizar los artefactos que consumen gas natural .....	165
3.3.6.5. Modelado básico del sistema de gas.....	166
3.3.6.6. ¿Requiere modificaciones por coordinación?.....	169
3.3.6.7. Determinación de la potencia necesaria de los artefactos .....	169
3.3.6.8. Diseñar el sistema de gas y el sistema de ventilación.....	170
3.3.6.9. Modelado a detalle del diseño del sistema de gas.....	175
3.3.6.10. Generar entregable BIM.....	177
3.3.7. MODELO DE COORDINACIÓN .....	179
3.4. USOS BIM.....	179
3.4.1. COORDINACIÓN 3D .....	179
3.4.1.1. Establecer los requisitos de información de los modelos.....	179
3.4.1.2. Control de calidad de los Modelos .....	184
3.4.1.3. Generar el modelo federado .....	184
3.4.1.4. Detección de interferencias .....	185
3.4.1.5. Procesamiento de resultados.....	187
3.4.1.6. Detección de incompatibilidades.....	190
3.4.1.7. Coordinación de Diseño .....	195
3.4.1.8. Reajuste del Modelo.....	197
3.4.2. PLANIFICACIÓN DE FASES.....	199

3.4.2.1. Flujo de trabajo planificación de fases.....	199
3.4.2.2. Secuencia de construcción.....	199
3.4.2.3. Requisitos de información de los modelos para la planificación de fases.....	210
3.4.2.4. Control de calidad de los modelos.....	212
3.4.2.5. Generar el modelo 4D .....	212
3.4.2.6. Validar el modelo 4D .....	214
3.4.2.7. Entregables planificaciones de fases.....	215
3.4.3. ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS .....	216
3.4.3.1. Flujo de trabajo estimación de cantidades y costos.....	216
3.4.3.2. Establecer costos objetivo .....	216
3.4.3.3. Evaluación de las características de las entidades de los modelos .....	217
3.4.3.4. Revisión de los modelos.....	224
3.4.3.5. Extracción de cantidades de obra .....	224
3.4.3.6. Elaboración del presupuesto.....	226
3.4.3.7. Revisión del presupuesto.....	227
3.4.4. PLANIFICACION DE OBRA .....	228
3.4.4.1. Flujo de trabajo planificación de obra .....	228
3.4.4.2. Añadir parámetros de precios unitarios en los modelos 3d.....	229
3.4.4.3. Exportar tablas de planificación de costo de las entidades de los modelos.....	229
3.4.4.4. Añadir la planificación de fases en el software de análisis de costo y presupuesto.....	230
3.4.4.5. Generar cantidades y costo del material .....	231
3.4.4.6. Revisar y validar costos de cada tarea del proyecto.....	231
3.4.4.7. Generar modelo planificación de obra.....	231
3.4.4.8. Entregables planificaciones de obra .....	232
<b>CAPÍTULO CUARTO .....</b>	<b>232</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>233</b>
4.1. CONCLUSIONES .....	233
4.1.1. CONCLUSIÓN GENERAL.....	233
4.1.2. CONCLUSIONES ESPECIFICAS .....	234
4.1.2.1. Entorno de Datos Compartidos.....	234
4.1.2.2. Organización de los modelos.....	234
4.1.2.3. Trabajo colaborativo BIM.....	235
4.1.2.4. Diseño y modelado del Edificio .....	235
4.1.2.5. Modelo de Coordinación .....	238

4.1.2.6. Planificación de Fases .....	239
4.1.2.7. Estimación de cantidades y costos.....	240
4.1.2.8. Planificación de obra.....	240
4.2. RECOMENDACIONES .....	241
5. BIBLIOGRAFÍA.....	242
6. ANEXOS .....	245

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Curva de MacLeamy - Fuente: Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). BIM Fórum Colombia. <a href="https://camacol.co/bim-forum">https://camacol.co/bim-forum</a> .....	41
Figura 2. Flujo de información a través de un Entorno de Datos Compartidos y en la metodología tradicional - Fuente: Elaboración propia .....	43
Figura 3. Flujo de intercambio de información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	44
Figura 4. Niveles de aplicación en BIM - Fuente: <a href="http://www.bimthinkspace.com/2015/02/episode-22-the-wedge-and-the-s-curve.htm">http://www.bimthinkspace.com/2015/02/episode-22-the-wedge-and-the-s-curve.htm</a> .....	45
Figura 5. Entidades de los modelos BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile.....	46
Figura 6. Tipos de modelos BIM - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile.....	47
Figura 7 Consolidación de modelos BIM - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile.....	48
Figura 8. Usos BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile .....	54
Figura 9. Roles BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile .....	55
Figura 10. Niveles de información - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile ..	56
Figura 11: Mapa de software e interoperabilidad. Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	65
Figura 12. Proceso de intercambios de Información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	66
Figura 13. Relación entre usis BIM - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	67
Figura 14. Mapa de procesos para la coordinación 3D - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	68

Figura 15. Mapa de procesos para la planificación de fases (BIM 4D) - Fuente: Proyecto de grado- Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles .....	68
Figura 16. Mapa de procesos para la estimación de cantidades y costos (BIM 5D) - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	69
Figura 17. Entidades mínimas requeridas para cada tipo de Modelo - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles .....	70
Figura 18 Niveles de Información para cada estado de avance de avance de la información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles .....	71
Figura 19. Estado de avance de información de información de los modelos BIM para cada entrega - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles .....	71
Figura 20. Nombre de archivos y carpetas - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile.....	74
Figura 21. Código de documentos - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile ..	75
Figura 22. Estructura de carpetas en el CDE - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles.....	76
Figura 23. Código de colores por disciplina y/o sistema - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile .....	77
Figura 24. Extensión de Google Drive para ordenador - Fuente: Elaboración propia .....	79
Figura 25. Estructura de carpetas en el CDE dentro de la plataforma Google Drive - Fuente: Elaboración propia .....	79
Figura 26. Plataforma BIMCollab - Fuente: Elaboración propia.....	80
Figura 27. Opciones de colaboración del modelo en Revit - Fuente: Elaboración propia.....	81
Figura 28. Coordenadas del punto base del proyecto - Fuente: Elaboración propia .....	81
Figura 29. Flujo de trabajo para la creación del modelo de sitio - Fuente: Elaboración propia .....	82
Figura 30. Ubicación del terreno mediante Google Earth - Fuente: Elaboración propia.....	83
Figura 31. Plan de vuelo - Fuente: Elaboración propia.....	83

Figura 32. Puntos de control marcados en el terreno - Fuente: Elaboración propia .....	84
Figura 33. Despegue y vuelo del Dron DJI Phantom - Fuente: Elaboración propia .....	85
Figura 34. Fotografías aéreas georreferencias por Dron - Fuente: Elaboración propia.....	85
Figura 35. Asignación de los puntos de control a las fotografías - Fuente: Elaboración propia.....	86
Figura 36. Reconstrucción del modelo 3D mediante aerotriangulación - Fuente: Elaboración propia .....	87
Figura 37. Nube de puntos - Fuente: Elaboración propia .....	87
Figura 38. Agrupación de puntos ajenos al terreno natural en el software ReCap Pro - Fuente: Elaboración propia .....	88
Figura 39. Curvas de nivel y configuración del dibujo en el software Civil 3D - Fuente: Elaboración propia .....	88
Figura 40. Superficie topográfica, punto base del proyecto y línea de propiedad en el software Revit - Fuente: Elaboración propia .....	89
Figura 41. Diferentes vistas del vínculo del modelo estructural en el archivo local del modelo de sitio - Fuente: Elaboración propia .....	90
Figura 42. Fases de construcción para el movimiento de tierras - Fuente: Elaboración propia.....	91
Figura 43. Movimiento de tierras por fase de construcción en el software Revit - Fuente: Elaboración propia .....	91
Figura 44. Cuantificación-Movimiento de tierras para la nivelación del terreno por fases de construcción - Fuente: Elaboración propia .....	92
Figura 45. Cuantificación-Movimiento de tierras para la excavación de cimentaciones por fases de construcción - Fuente: Elaboración propia .....	92
Figura 46. Flujo de trabajo para la creación del modelo de volumétrico - Fuente: Elaboración propia .....	95
Figura 47. Norte Real y Norte del Proyecto - Fuente: Elaboración propia .....	96
Figura 48. Levantamiento de las condiciones existentes - Fuente: Elaboración propia .....	96
Figura 49. Radiación solar en la fachada Norte y las sombras que genera el edificio, mediante la carta solar - Fuente: Elaboración propia .....	97

Figura 50. Niveles y usos del edificio - Fuente: Elaboración propia .....	98
Figura 51. Flujo de trabajo para la creación del modelo arquitectónico - Fuente: Elaboración propia .....	100
Figura 52. Entidad muros en un NDI-2 - Fuente: Elaboración propia. ....	103
Figura 53. Habitaciones con etiquetas que identifican el tipo de ambiente - Fuente: Elaboración propia.	103
Figura 54. Entidad escaleras y ascensores en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia. ....	104
Figura 55. Entidad puerta en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia. ....	104
Figura 56. Entidad equipos e instalaciones NDI-2 - Fuente: Elaboración propia. ....	105
Figura 57. Entidad Muebles NDI-1 - Fuente: Elaboración propia. ....	106
Figura 58. Modelado básico del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 59. Asignación de nuevos shafts para instalaciones de gas eléctrico y sanitario - Fuente: Elaboración propia. ....	108
Figura 60: Vista en sección del modelado básico del diseño arquitectónico con el modelo estructural ya en una etapa más avanzada. Fuente: Elaboración propia.....	108
Figura 61: Revestimientos en muros del modelo y revestimientos reales en obra. Fuente: Elaboración propia. ....	109
Figura 62. Entidad suelos NDI-3 - Fuente: Elaboración propia. ....	109
Figura 63. Entidad ventana y cielo faso en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 64. Muebles de cocina en un NDI-2 - Fuente: Elaboración propia.....	110
Figura 65. Modelado de Detalle del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración propia.....	111
Figura 66. Departamentos tipo A, B y C - Fuente: Elaboración propia. ....	112
Figura 67. Departamentos tipo C y D - Fuente: Elaboración propia.....	112
Figura 68. Departamentos tipo E y F - Fuente: Elaboración propia.....	113
Figura 69. Planta baja y terraza - Fuente: Elaboración propia. ....	113
Figura 70. Ubicación del terreno y elección de la estación meteorológica - Fuente: Elaboración propia.	114
Figura 71. Configuración para de análisis de iluminancia - Fuente: Elaboración propia. ....	114

Figura 72. Análisis de iluminancia para los niveles, 9 y planta baja del edificio - Fuente: Elaboración propia. .....	115
Figura 73. Resultados generales del edificio a las 8:00 am y a las 6:00 pm - Fuente: Elaboración propia.	115
Figura 74. Configuración de para el análisis de acceso solar - Fuente: Elaboración propia.....	116
Figura 75. Acceso solar en horas en el nivel 10-Terraza - Fuente: Elaboración propia. ....	116
Figura 76. Acceso solar en horas en el nivel 9-Departamentos y Resultados generales del edificio - Fuente: Elaboración propia. ....	117
Figura 77. Irradiación solar: acumulada, alta y media durante el periodo de un año en las superficies que en mayor contacto estarán con el sol - Fuente: Elaboración propia.....	117
Figura 78. Flujo de trabajo modelo Estructural - Fuente: Elaboración propia .....	120
Figura 79. Subproyectos - Fuente: Elaboración propia.....	121
Figura 80. Ejes Nivel 3 - Modelo Estructura - Fuente: Elaboración propia .....	122
Figura 81. Niveles - Modelo Estructura - Fuente: Elaboración propia .....	122
Figura 82. Columnas y Muros - Nivel 0, Nivel 1 y Nivel 3 - Fuente: Elaboración Propia.....	123
Figura 83. Vigas y losas - Nivel 1, Nivel 3 y Nivel 10 - Fuente: Elaboración propia.....	123
Figura 84. Escalera Tipo - Fuente: Elaboración propia .....	124
Figura 85. Áreas de influencia - Fuente: Elaboración propia .....	125
Figura 86. Predimensionamiento Losa post-tesado Aligerada - Fuente: Elaboración propia.....	127
Figura 87. Dimensiones Losa post-tesado aligerada - Fuente: Elaboración propia.....	127
Figura 88. Modelo analítico Torre San Antonio - Fuente: Elaboración propia.....	129
Figura 89. Archivos DWG Losas estructurales tipos - Fuente: Elaboración propia.....	130
Figura 90. Elementos de la losa en Adapt Builder - Fuente: Elaboración propia.....	131
Figura 91. Tendones de presfuerzo - Fuente: Elaboración propia.....	135
Figura 92. Deformación por cargas totales - Fuente: Elaboración propia.....	136
Figura 93. Tendones y aceros pasivos en modelo central – Revit - Fuente: Elaboración propia .....	137
Figura 94. Script en dynamo para modelar tendones - Fuente: Elaboración propia.....	137

Figura 95. Exportar Modelo analítico en formato .rtd - Fuente: Elaboración propia .....	138
Figura 96. Modelo de Análisis en Autodesk Robot Structural - Fuente: Elaboracion propia .....	139
Figura 97. Perfil de viento - Fuente: Elaboración Propia.....	141
Figura 98. Configuración del modelo para la simulación del túnel de viento - Fuente: Elaboración propia	141
Figura 99. Simulación del túnel de viento en $V_x$ y $V_y$ - Fuente: Elaboración propia.....	142
Figura 100. Parámetros de diseño de elementos estructurales (ACI 318-14) - Fuente: Elaboración propia	144
Figura 101. Fuerzas Normales en muros y columnas - Fuente: Elaboración Propia .....	144
Figura 102. Áreas de armadura teórica, real y de cortante - Fuente: Elaboración propia.....	144
Figura 103. Fuerzas de momentos y deformación en escalera - Fuente: Elaboracion propia.....	144
Figura 104. Valores máximos de tensión del suelo - Fuente: Elaboración propia .....	145
Figura 105. Armadura de elementos columna, muros, muros de contención, fundación y tanque elevado - Fuente: Elaboración propia .....	145
Figura 106. Script en dynamo para unión de entidades - Fuente: Elaboración propia .....	146
Figura 107 Flujo de trabajo modelo Sanitario - Fuente: Elaboración propia .....	149
Figura 108 Plantilla de vista para coordinación estructura-sanitaria – Fuente: Elaboración propia.....	151
Figura 109 Tablas 2.1 y 2.7 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA .....	152
Figura 110 Diseño básico del sistema sanitario y de ventilación – Fuente: Elaboración propia .....	152
Figura 111 Tabla 1.7 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA .....	153
Figura 112 Modelado de agua fría y caliente – Fuente: Elaboración propia.....	153
Figura 113 Velocidades máximas en tuberías – Fuente: Elaboración propia.....	155
Figura 114 Unidades de gasto por artefactos sanitarios - Fuente: RENISDA.....	155
Figura 115 Cálculo de caudales máximos de descarga – Fuente: RENISDA.....	156
Figura 116 Plantilla de vista para la asignación de diámetros – Fuente: Elaboración propia.....	156

Figura 117 Script Dynamo para adición de datos a tuberías, accesorios y uniones – Fuente: Elaboración propia .....	157
Figura 118 Tabla ejemplo usada para el cálculo de perdidas en tuberías, accesorios y uniones – Fuente: Elaboración propia .....	157
Figura 119 Tablas 2.3,2.4 y 2.5 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA .....	158
Figura 120. Tablas 2.6 y 2.8 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias - Fuente: RENISDA .....	158
Figura 121. Plantilla de vista utilizada para el diseño de colectores y bajantes sanitarias - Fuente: Elaboración propia .....	159
Figura 122 Tablas 3.2 y 3.5 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias - Fuente: RENISDA .....	159
Figura 123 Áreas de aporte pluvial en terraza – Fuente: Elaboración propia .....	159
Figura 124. Reporte de incidencias en BIMCollab - Fuente: Elaboración Propia .....	160
Figura 125 Tabla de planificación para adición de parámetros en aparatos sanitarios – Fuente: Elaboración propia .....	161
Figura 126. Flujo de trabajo para la creación del modelo de gas – Elaboración propia .....	164
Figura 127. Vínculo del modelo arquitectónico y estructural, sanitario y copia supervisada de niveles en el modelo de gas – Fuente: Elaboración propia.....	165
Figura 128. Copia supervisada de artefactos a ser abastecidos de gas en el modelo de gas - Fuente: Elaboración propia. ....	166
Figura 129. Modelado básico del sistema de gas en el nivel 9 para los departamentos A, B y C - Fuente: Elaboración propia. ....	168
Figura 130. Tabla de longitudes de tuberías y recuento de uniones del sistema de gas para el departamento tipo C - Fuente: Elaboración propia. ....	168
Figura 131. Especificaciones técnicas de los calefones Vulkan - Fuente: Elaboración propia. ....	169

Figura 132. Cálculo de la potencia requerida del calefón - Fuente: Elaboración propia..... 170

Figura 133. Esquema de instalación multifamiliar regulación MPB/BP. Extraído del ANEXO 5:  
Instalaciones de Categorías Doméstica y Comercial de Gas Natural. Fuente: Reglamento de diseño,  
construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas..... 171

Figura 134. Abaco de cálculo de tuberías dirección aguas abajo del medido de abonado (unifamiliar o  
departamento) - Fuente: Reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e  
instalaciones internas. .... 172

Figura 135. Ficha de cálculo para tuberías aguas abajo del medidor para baja presión, departamento tipo C –  
Fuente: Elaboración propia. .... 173

Figura 136. Cálculo de la tubería montante desde el regulador de presiones - Fuente: Elaboración propia. 174

Figura 137. Entrada de aire y salida de la misma junto con los gases de combustión para el departamento  
tipo A - Fuente: Elaboración propia. .... 175

Figura 138. Sistema de gas del edificio Torre San Antonio-Modelo a detalle. - Fuente: Elaboración propia.  
..... 175

Figura 139. Montante, medidores y desviaciones hacia los departamentos del sistema de gas-Modelo a  
detalle – Fuente: Elaboración propia ..... 176

Figura 140. Modelo de Coordinación-Arquitectura en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración  
propia ..... 182

Figura 141. Modelo de Coordinación- Estructura en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración  
propia ..... 182

Figura 142. Modelo de Coordinación-Sanitario en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia  
..... 183

Figura 143. Modelo de Coordinación - Gas en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia 183

Figura 144. Modelo de Coordinación-Sitio en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia 183

Figura 145. Control de calidad del modelo Sanitario mediante filtros de colores – Fuente: Elaboración  
propia ..... 184

Figura 146. Modelo BIM federado en formato NWF (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia.....	185
Figura 147. Jerarquía de disciplinas involucradas en un proyecto de edificación – Fuente: Elaboración propia .....	185
Figura 148. Matriz de colisiones de un proyecto de edificación – Fuente: Elaboración propia .....	186
Figura 149. Matriz de colisiones para el proyecto Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia.....	186
Figura 150. Detección de colisión mediante el software Navisworks (test Sanitario Vs Estructura) – Fuente: Elaboración propia .....	187
Figura 151. Matriz de colisiones por Entidades para el proyecto Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia .....	188
Figura 152. Detección de colisión mediante el software Navisworks a partir de la matriz de colisiones por Entidades (test EST-ABACOS vs ISA-SANITARIA) – Fuente: Elaboración propia .....	189
Figura 153. Incompatibilidad-tuberías fuera de muros de mampostería mediante recorrido virtual Arquitectura vs Sanitario – Fuente: Elaboración propia .....	191
Figura 154. Recorrido virtual Estructura vs Instalaciones – Fuente: Elaboración propia .....	191
Figura 155. Informe de interferencias o colisiones en el formato HTML – Fuente: Elaboración propia ..	192
Figura 156. Modelo de coordinación en formato NWD – Fuente: Elaboración propia .....	193
Figura 157. Perfil del proyecto Torre San Antonio en la página web bimcollab.com – Fuente: Elaboración propia .....	193
Figura 158. Lista de integrantes del proyecto Torre San Antonio en la página web de BIMCollab – Fuente: Elaboración propia .....	194
Figura 159. Plug-in BIMcollab BCF Manager en Navisworks-Introducción de información a cada colisión – Fuente: Elaboración propia .....	194
Figura 160. Colisiones subidas a la plataforma de BIM Collab en el perfil de Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia .....	195
Figura 161. Visualización de las colisiones en el modelo Sanitario mediante el plug-in BIMcollab BCF Manager – Fuente: Elaboración propia.....	195

Figura 162. Flujo de una sesión de coordinación – Fuente: Elaboración propia.....	196
Figura 163. Acta de la sesión de coordinación - Fuente: Elaboración Propia.....	197
Figura 164. Exportación y reemplazo del modelo Arquitectónico con los nuevos reajustes en formato NWC en el EDC – Fuente: Elaboración propia .....	197
Figura 165. Actualización del modelo federado con los modelos reajustados – Fuente: Elaboración propia .....	198
Figura 166. Resultados de la nueva ejecución de los test. Solución de las colisiones – Fuente: Elaboración propia .....	198
Figura 167. Extracción de información de tareas de Revit – Fuente: Elaboración propia.....	204
Figura 168. EDT instalación de gas – Fuente: Elaboración propia.....	204
Figura 169. EDT Estructura – Fuente: Elaboración propia.....	205
Figura 170. EDT Estructura en Ms Project – Fuente: Elaboración propia.....	205
Figura 171. Fase de construcción - Muros de contención y losa nivel 1 – Fuente: Elaboración propia....	206
Figura 172. Secuencia general de construcción – Fuente: Elaboración propia .....	206
Figura 173. Planificación unitaria – Fuente: Elaboración propia.....	206
Figura 174. Precio unitario Hormigón para Columnas Rectangulares – Fuente: Elaboración propia .....	207
Figura 175. Mano de obra Hormigón para columnas Rectangulares – Fuente: Elaboración propia .....	207
Figura 176. Parámetro de proyecto y rendimiento de mano de obra – Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 177. Duración de Tareas [HR] – Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 178. Planilla Excel de las cantidades y duraciones de las tareas – Fuente: Elaboración propia.....	208
Figura 179. Recursos del proyecto en Ms Project – Fuente: Elaboración propia.....	209
Figura 180. Asignación de duraciones en Ms Project – Fuente: Elaboración propia .....	209
Figura 181. Revisión de modelos BIM – BIM Visio – Fuente: Elaboración propia .....	212
Figura 182. Modelos BIM y crono grama de proyecto en Synchro pro – Fuente: Elaboración propia .....	213
Figura 183. Asignación Automático de Recursos 3D y Tareas – Fuente: Elaboración propia.....	213
Figura 184. Simulación 4D – Fuente: Elaboración propia.....	214

Figura 185 Flujo de trabajo estimación de cantidades y costos - Fuente: PEB.....	216
Figura 186. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia.....	217
Figura 187. Diferenciación entre entidades Modelo de Estructura – Fuente: Elaboración propia .....	217
Figura 188. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia.....	217
Figura 189. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia.....	218
Figura 190. Estructura de precio unitario cargado en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia .....	218
Figura 191. Requerimiento de parámetros en Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia.....	219
Figura 192. Requerimiento de parámetros en Modelo de Estructura – Fuente: Elaboración propia .....	220
Figura 193. Requerimiento de parámetros de equipos e instalaciones Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia .....	221
Figura 194. Requerimiento de parámetros de tuberías y accesorios Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia .....	222
Figura 195. Requerimiento de parámetros de uniones Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia .....	223
Figura 196. Tabla de planificación para revisión de parámetros en aparatos sanitarios – Fuente: Elaboración propia .....	224
Figura 197. Generación de fichero de extracción de mediciones – Fuente: Elaboración propia.....	225
Figura 198. Asignación de partidas y extracción de mediciones en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia .....	225
Figura 199. Ejemplo de extracción de cantidades en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia.....	226
Figura 200. Parámetro PU en el modelo Estructural – Fuente: Elaboración propia.....	229
Figura 201. Costo fijo del acero estructural para columnas - Fuente: Elaboración propia.....	229
Figura 202. Exportación de archivos en formato .xlsx - Fuente: Elaboración propia .....	230
Figura 203. Planificación por fases en Software de análisis de costo y presupuesto (Arquímedes) - Fuente: Elaboración propia .....	230
Figura 204. Modelo Planificación de obra - Fuente: Elaboración propia .....	232

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de la Red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz WGS84/UTM zona 19S – Fuente: Elaboración Propia .....	84
Tabla 2. Coordenadas de los puntos de control. WGS84/UTM zona 19S - Fuente: Elaboración Propia ....	84
Tabla 3. Ubicación del archivo CAD de la superficie topográfica - Fuente: Elaboración Propia .....	89
Tabla 4. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia.....	90
Tabla 5. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia.....	90
Tabla 6. Parámetros para el cálculo del movimiento de tierras - Fuente: Elaboración Propia .....	92
Tabla 7. Volúmenes de corte, relleno y acarreo - Fuente: Elaboración Propia .....	93
Tabla 8. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia.....	93
Tabla 9. Entregables BIM del modelo de sitio: Modelos - Fuente: Elaboración propia.....	93
Tabla 10. Entregables BIM del modelo de sitio: Documentos - Fuente: Elaboración propia .....	94
Tabla 11. Costo referencial para la construcción del edificio – Fuente: Elaboración Propia .....	98
Tabla 12. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de volumétrico - Fuente: Elaboración Propia.....	99
Tabla 13. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia.....	99
Tabla 14. Entregables BIM del modelo volumétrico: Modelos - Fuente: Elaboración propia .....	99
Tabla 15. Parámetros de la entidad muros - Fuente: Elaboración Propia.....	102
Tabla 16. Parámetros de la entidad Puerta - Fuente: Elaboración Propia .....	105
Tabla 17: Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia .....	107
Tabla 18. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia.....	107

Tabla 19. Niveles de información de las entidades para un modelado a detalle del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia .....	111
Tabla 20. Tipos de departamentos del edificio Torre San Antonio - Fuente: Elaboración Propia .....	111
Tabla 21. Resultados del análisis de irradiación solar - Fuente: Elaboración Propia .....	117
Tabla 22. Entregables BIM del modelo de arquitectura: Modelos - Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 23. Entregables BIM del modelo de arquitectura: Planos- Fuente: Elaboración propia.....	118
Tabla 24. Entregables BIM, documentos - Fuente: Elaboración propia .....	119
Tabla 25. Ubicación de modelos en CDE - Fuente: Elaboración propia.....	121
Tabla 26. Predimensionamiento de Losa post-tesado y vigas - Fuente: Elaboración propia.....	123
Tabla 27. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de Anteproyecto - Fuente: Elaboración propia .....	124
Tabla 28. Predimensionamiento de columnas Nivel 1 - Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 29. Predimensionamiento de columnas Nivel 3 - Fuente: Elaboración propia.....	125
Tabla 30. Predimensionamiento de columnas Nivel 6 - Fuente: Elaboración propia.....	126
Tabla 31. Predimensionamiento de columnas Nivel 9 - Fuente: Elaboración propia.....	126
Tabla 32. Características de los hormigones estructurales - Fuente: Elaboración propia.....	128
Tabla 33. Estado de avance de información de los modelos, Diseño básico - Fuente: Elaboración propia.....	128
Tabla 34. Propiedades de material de los elementos estructurales - Fuente: Elaboración propia.....	131
Tabla 35. Sobrecarga de uso - Fuente: Elaboración propia.....	131
Tabla 36. Carga por tabiquería - Fuente: Elaboración propia .....	132
Tabla 37. Cargas permanentes - Fuente: Elaboración propia.....	132
Tabla 38. Resumen de cargas – Fuente: Elaboración propia .....	133
Tabla 39. Parámetros de verificación de elementos postensados (ACI 318-14), Tensiones en MPa - Fuente: Elaboración propia .....	136
Tabla 40. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de detalle - Fuente: Elaboración propia .....	138

Tabla 41. Factor de calibración - Fuente: Elaboración propia .....	140
Tabla 42. Capacidad portante del suelo - Fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 43. Factores de reducción - Fuente: Elaboración propia.....	144
Tabla 44. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de detalle - Fuente: Elaboración propia .....	146
Tabla 45. Entregables BIM del modelo estructural: Modelos - Fuente: Elaboración propia .....	147
Tabla 46. Entregables BIM del modelo estructural: Planos - Fuente: Elaboración propia.....	147
Tabla 47. Entregables BIM del modelo estructural: Documentos - Fuente: Elaboración propia .....	148
Tabla 48 Ubicación de modelo Sanitario en CDE - Fuente: Elaboración propia.....	150
Tabla 49 Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario – Fuente: Elaboración propia.....	154
Tabla 50 Diámetros de tubería según unidades de gasto – Fuente: Elaboración propia.....	156
Tabla 51 Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño a detalle – Fuente: Elaboración propia.....	161
Tabla 52. Entregables BIM del modelo sanitario: Modelos - Fuente: Elaboración propia .....	162
Tabla 53. Entregables BIM del modelo sanitario: Planos - Fuente: Elaboración propia.....	162
Tabla 54. Entregables BIM del modelo sanitario: Cómputos métricos - Fuente: Elaboración propia.....	163
Tabla 55. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de gas - Fuente: Elaboración Propia ..	165
Tabla 56. Parámetros de Entidades del modelo de gas - Fuente: Elaboración Propia.....	167
Tabla 57: Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño básico - Fuente: Elaboración Propia.....	169
Tabla 58. Potencia de calefón para los departamentos tipo A B C D E F - Fuente: Elaboración Propia...	170
Tabla 59: Determinación de la longitud de la tubería principal y secundaria del departamento tipo C - Fuente: Elaboración Propia.....	172
Tabla 60. Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño a detalle – Fuente: Elaboración propia.....	176

Tabla 61. Entregables BIM del modelo de gas: Modelos - Fuente: Elaboración propia .....	177
Tabla 62. Entregables BIM del modelo de gas: Planos - Fuente: Elaboración propia .....	177
Tabla 63. Entregables BIM del modelo de gas: Documentos - Fuente: Elaboración propia .....	178
Tabla 64. Requisitos de información para la coordinación 3D: Información no geométrica – Fuente: Elaboración propia .....	179
Tabla 65. Requisitos de información para la coordinación 3D: Información geométrica – Fuente: Elaboración propia .....	181
Tabla 66. Modelos de Coordinación – Fuente: Elaboración propia.....	181
Tabla 67. Nombre y ubicación del modelo BIM federado (Modelo de Coordinación) – Fuente: Elaboración propia .....	184
Tabla 68: Tabla resumen de colisiones mediante la matriz – Fuente: Elaboración propia.....	187
Tabla 69. Niveles de prioridad para la coordinación - Fuente: Elaboración propia .....	188
Tabla 70. Número de test por prioridades - Fuente: Elaboración Propia .....	189
Tabla 71: Resultados de colisiones para los test High Priority - Fuente: Elaboración Propia.....	189
Tabla 72. Ubicación de archivos del modelo BIM – Fuente: Elaboración propia.....	199
Tabla 73. Lista de Tareas del Proyecto – Fuente: Elaboración propia.....	200
Tabla 75. Costo objetivo del proyecto Torre San Antonio Fuente: Elaboración Propia .....	216
Tabla 76 Ubicación de los ficheros de extracción de mediciones - Fuente: Elaboración propia.....	225
Tabla 77 Entregables de Estimación de Cantidades y Costos – Fuente: Elaboración propia .....	227
Tabla 78: Modelos BIM Fuente: Elaboración propia .....	228
Tabla 79: Modelo 4D Fuente: Elaboración propia.....	228
Tabla 80: Archivos de planificación y precios unitarios Fuente: Elaboración propia .....	228
Tabla 81. Revisar costos del proyecto – Fuente: Elaboración propia .....	231

## GLOSARIO

**Abaco:** Incremento del espesor de una placa en las columnas o capiteles.

**Acceso solar:** Cantidad de horas de luz directa natural que se tiene en un ambiente.

**Accesorio:** Elemento o pieza necesaria para la ejecución de las obras civiles de instalaciones domiciliarias de agua potable (uniones, cambios de dirección, derivaciones, reducciones, fijaciones, y otros similares).

**Activo:** Edificación o infraestructura una vez construida.

**Actor:** Organización, unidad organizacional o persona involucrada en uno o más procesos del ciclo de vida del proyecto.

**Aerotriangulación:** En esta etapa del proceso cartográfico, se determinan las coordenadas terrestres de los modelos estereoscópicos para obtener un mapa digital del terreno. De esta forma se obtienen las coordenadas X, Y, Z locales.

**Agua potable:** Aquella que, por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para consumo humano y que cumple con lo establecido en la NB 512.

**Aguas residuales domésticas:** Volumen total de aguas provenientes de la evacuación de efluentes de viviendas, edificios públicos o inmuebles de carácter social, se conocen también como aguas servidas domésticas.

**Aligerado:** Son bloques de arcilla empleados en la construcción de techos aligerados losas aligeradas cargadas, en una dirección apoyan sus cargas en vigas principales y estas a su vez transmiten a columnas.

**Alta Presión (AP):** Mayor a 4 bar hasta 42 bar inclusive

**Análisis Estructural:** El análisis estructural es el uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria.

**Armadura:** Barras de acero embebidas en el hormigón para incrementar su capacidad de resistencia a la flexión.

**As-built:** Registro del proyecto tal como se ha construido realmente en el lugar, incluyendo los cambios de diseño ocurridos en el curso del trabajo.

**Ascensor:** Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles.

**ASTM:** Norma propuesta, y publicaciones de ingeniería.

**Baja Presión (BP):** Mayor a cero hasta 50 mbar inclusive

**Bajante sanitaria:** Conducto o tubería vertical que recibe las descargas de las aguas residuales de ramales sanitarios o ramales de descarga de un inmueble.

**Calefón:** Calentador Instantáneo para generación de Agua Caliente Sanitaria.

**Calentadores de agua instantáneos:** Un calentador de agua instantáneo o de paso, es un tipo de calentador que enciende de forma automática al momento de abrir la llave y que calienta el agua de forma instantánea para su uso inmediato, ya que no cuenta con un tanque de almacenamiento. Por otro lado, tenemos los calentadores instantáneos que proporcionan agua para toda la instalación de una casa, residencia o negocio.

**Calidad:** Conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite caracterizarla y valorarla con respecto a las restantes de su especie.

**Cantidades:** Número de unidades, tamaño o porción de una cosa, especialmente cuando es indeterminado.

**Carga:** Fuerza o conjunto de fuerzas que actúan sobre una estructura o sobre un elemento estructural (por ejemplo, en el caso de elementos estructurales: sobre un muro o sobre una viga).

**Caudal:** Flujo de agua en la unidad de tiempo que circula en un conducto o canalización bajo condiciones de presión.

**Caudales máximos de descarga:** Caudal máximo probable de consumo de agua potable en una vivienda/edificación o sección de la misma.

**Ciclo de vida:** Conjunto de etapas o fases por las que atraviesa una edificación o infraestructura desde la idea y definición de sus requerimientos hasta el fin de su uso.

**Columna:** Elemento estructural vertical de soporte con sección circular o rectangular. Elemento vertical que recibe la carga según la dirección de sus ejes longitudinales.

**Combinación de cargas:** Las combinaciones de carga creadas automáticamente son el resultado exclusivamente de la definición de las expresiones de combinación. Por lo tanto, puede darse que dos combinaciones de carga se creen según diferentes expresiones de combinación, pero contiene las mismas clases de cargas con los mismos factores.

**Combustión:** Reacción química de oxidación que libera calor.

**Cómputos métricos:** Medición de las partidas ejecutadas en el sitio de la obra o en planos.

**Conducto de Edificio:** Es el tramo de tubería desde el Regulador Colectivo hasta el pie del Conducto Montante.

**Conducto Montante:** El tramo vertical de tubería que llega a los Conductos Distribuidores y/o Acometidas Particulares de los diferentes pisos de la edificación, en Instalaciones Multifamiliares. Esta definición se aplica tanto a las tuberías de uso colectivo colocadas en Vaina de Edificio, Local Técnico, Gabinete Técnico y Crujía.

**Construir:** La construcción es el arte o técnica de fabricar infraestructuras. En un sentido más amplio, se denomina construcción a todo aquello que exige, antes de hacerse, disponer de un proyecto y una planificación predeterminedada.

**Control:** Comprobación, inspección, fiscalización, intervención.

**Cronograma:** Un cronograma es una lista de todos los elementos terminales de un proyecto con sus fechas previstas de comienzo y final.

**Cuadrilla:** Grupo de personas destinadas a realizar una serie de trabajos de construcción determinados.

**Cubierta:** Se denomina cubierta al entramado inclinado que cierra un edificio por su parte superior.

**Diseño:** Teniendo en cuenta los elementos mecánicos del análisis, y partiendo desde ellos, se proporcionarán las dimensiones y armado de los miembros de la estructura.

**Duraciones:** La duración del proyecto es el número de unidades de tiempo (horas, días, semanas, meses...) necesarias para llevar a cabo el proyecto.

**EDT o WBS:** Una estructura de desglose del trabajo, también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure o WBS.

**Ejecución:** Acción de realizar una actividad establecida.

**Entidad:** Elemento virtual que representa un objeto físico o abstracto de construcción.

**Entregable BIM:** Documentos e información necesaria para la obtención de modelos BIM, así como todos los productos resultantes del uso de herramientas y flujos de trabajo BIM.

**Especificaciones técnicas:** Las especificaciones técnicas son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos.

**Estado límite Último:** Un Estado Límite Último (ELU) es un estado límite, tal que de ser rebasado la estructura completa o una parte de la misma puede colapsar al superar su capacidad resistente.

**Estados límite de Servicio:** Un Estado Límite de Servicio (ELS) es un tipo de estado límite que, de ser rebasado, produce una pérdida de funcionalidad o deterioro de la estructura, pero no un riesgo inminente a corto plazo.

**Estribo:** Son piezas, generalmente metálicas, de formas diversas que permiten subir sobre algo.

**Gas Natural:** Mezcla de hidrocarburos con predominio de metano y contenido menor de componentes como etano, propano, butano y otros. Su composición comercial para la actividad de Distribución será establecida por la ANH mediante Resolución Administrativa.

**Gradiente Hidráulico:** Pendiente del nivel piezométrica en un conducto o tubería bajo condiciones de presión.

**Hormigón Armado:** Utilizado para estructuras que requieren alta resistencia a la tracción, el hormigón armado es la mezcla de dos materiales: hormigón y acero. Es un material en el que se han agregado refuerzos metálicos para obtener hormigón de este tipo. (CHRYSO, 2020)

**Hormigón Postensado:** Se denomina hormigón postesado o concreto postesado a aquel hormigón/concreto al que se somete, después del vertido y fraguado, a esfuerzos de compresión por medio de armaduras activas (cables de acero) montadas dentro de vainas.

**Iluminancia:** La iluminancia o nivel de iluminación es el flujo luminoso que incide sobre una superficie y su unidad de medida es el Lux.

**Incompatibilidad:** Son todas aquellas entidades que no representan correctamente tanto en dimensiones, ubicación, material, al elemento real en el modelo 3D.

**Instalación Interna:** Es el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios apropiados para conducir Gas Natural, comprendido desde la salida del medidor hasta la Válvula de Mando del aparato en instalaciones de uso doméstico o comercial y desde la Válvula de salida del PRM, excluida ésta, hasta la Válvula de Mando del aparato en instalaciones de uso industrial o GNV.

**Interferencia:** Una interferencia se da cuando elementos diferentes ocupan/se cruzan en un mismo espacio.

**Interoperabilidad:** Capacidad de un producto o sistema para trabajar con otros productos o sistemas, [...] existentes o futuros, sin restricción de acceso o implementación.

**Irradiación solar:** La irradiación solar es la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie colocada en un lugar y rango de tiempo bien especificados. La magnitud es frecuentemente designada por los medios de comunicación social como radiación solar. La irradiación solar en la superficie terrestre es, desde el punto de vista técnico, la adición en un intervalo de tiempo determinado de la radiancia solar filtrada por la interposición de la atmósfera. Su valor depende críticamente de la latitud, la época del año, las horas del día y el clima imperante en el lugar. La unidad de medida es en KWh/m<sup>2</sup>.

**Losa Maciza:** Estructura monolítica de dimensiones preponderantes en las direcciones longitudinales y transversales armada en una sola dirección.

**Losa Nervada:** Son un tipo de cimentaciones por losa que, como su nombre lo indica, están compuestas por vigas a modo de nervios.

**Lumen:** es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

**Lux:** es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m<sup>2</sup>.

**Mampostería:** Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.

**Mano de obra:** Trabajo realizado por un obrero.

**Masa conceptual:** Las masas son objetos abstractos que pueden tomar casi cualquier tipo de forma. Se utiliza para conceptualizar un proyecto y sus proporciones son muy útiles, muy rápidas y sobre todo se ven más acabadas y entendibles.

**Material:** Un material es un elemento que puede transformarse y agruparse en los grupos de un conjunto.

**Media Presión A (MPA):** Mayor a 50 mbar hasta 0,4 bar inclusive

**Media Presión B (MPB):** Mayor a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive

**Medidor de Gas:** Instrumento destinado a medir y registrar el volumen de gas que consumen los aparatos a gas de una instalación.

**Modelo Analítico:** Representación de un modelo físico estructural que consta de geometría, propiedades de materiales, cargas y elementos analíticos. Se crea automáticamente cuando se crea el modelo físico. Puede exportar el modelo analítico al software de diseño y análisis estructural.

**Modelo BIM federado:** Modelo creado a partir de información contenida en archivos separados. Esta información puede provenir de distintos actores.

**Modelo BIM integrado:** Modelo compuesto por la información de las distintas disciplinas del proyecto, contenida en una única base de datos.

**Módulo de elasticidad:** El Módulo de Elasticidad del Hormigón o Módulo de Young es un parámetro mecánico muy importante usado para el análisis de la rigidez del material y los desplazamientos en el diseño estructural y es determinado en función de la resistencia a la compresión.

**Nivel de Información (NDI):** Grados de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM, según el Estado de Avance de la Información de los Modelos en que se requiera.

**Nivel freático:** Altura donde se encuentra una capa de agua subterránea.

**Nube de puntos:** Una nube de puntos 3D es el primer producto resultante del escaneo láser o la fotogrametría digital. Se compone por millones de puntos posicionados tridimensionalmente en el espacio, formando con exactitud milimétrica una entidad física y representando su superficie externa. La nube de puntos 3D contiene una amplia información métrica sobre las superficies escaneadas, así como la relativa a su color y reflectividad del material.

**openBIM:** Enfoque universal para el diseño, ejecución y operación de edificios basados en estándares y flujos de trabajo abiertos. openBIM es una iniciativa de buildingSMART y de varios proveedores de software líderes que utilizan el modelo de datos abierto de esa misma organización

**Parámetro de proyecto:** Los parámetros de proyecto contienen información que primero se define y después se clasifica en varias categorías de elementos para un proyecto.

**Parámetros compartidos:** Los parámetros compartidos son definiciones de parámetros que se pueden utilizar en varias familias o proyectos.

**Parámetros globales:** Los parámetros globales son específicos de un solo archivo de proyecto, pero no se asignan a las categorías como parámetros de proyecto. Los parámetros globales pueden ser valores sencillos, valores derivados de ecuaciones o valores tomados del modelo utilizando otros parámetros globales.

**Pérdida de Carga:** caída de presión del gas entre la entrada y la salida de un tramo de cañería cuando hay circulación del fluido.

**Plan de Ejecución BIM (PEB):** Documento elaborado por el Proveedor que define cómo serán llevados a cabo los aspectos de modelado y gestión de la información.

**Planificación:** Proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos.

**Potencia Absorbida (Pabs):** Es la potencia exigida por el aparato. Con esta potencia se realiza el cálculo de la demanda del aparato.

**Potencia Útil (Pu):** es la Potencia Absorbida menos las pérdidas de calor. Es la potencia real entregada por el quemador.

**Potencia:** Es la magnitud que caracteriza la rapidez con que la energía se transforma o se transmite de un sistema a otro. Unidades Kw, J/s.

**Precio unitario:** Es el precio que tiene cada unidad del producto o servicio de facturamos y que, multiplicado por el número de productos o servicios que entregamos, da el precio total bruto que será la base imponible del impuesto.

**Proyecto:** Un proyecto es una planificación que consiste en un conjunto de objetivos que se encuentran interrelacionados y coordinados.

**Punto base del proyecto:** El punto base del proyecto permite establecer una referencia para la medición de distancias y la colocación de objetos en relación con el modelo.

**Puntos de control:** Los puntos de control o Ground Control Points, GCP en inglés, son puntos de referencia que se colocan físicamente en el entorno, se fotografían desde el aire y se establecen sus coordenadas geográficas con precisión.

**Ramal de descarga:** Conducción o tubería que recibe directamente el efluente o descarga de un artefacto sanitario.

**Ramal de ventilación:** Tubería destinada a posibilitar el flujo del aire hacia el sistema de evacuación de las aguas residuales de un inmueble. Tiene por finalidad proteger los sellos hidráulicos de los interceptores, evacuar los gases los gases procedentes de la descomposición de la materia orgánica y garantizar el funcionamiento de los conductos bajo condiciones de flujo libre.

**Ramal sanitario:** Conducto o tubería que recibe efluentes de ramales de descarga.

**Recursos:** Los recursos humanos son el conjunto de trabajadores, de empleados, que posee una organización, un determinado sector, así como una economía en su conjunto.

**Régimen de Presión:** El régimen de presión del Sistema de Distribución de Gas Natural e Instalaciones Internas se clasifica de acuerdo al siguiente rango de presiones:

**Rendimiento:** Se define rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios operarios de diferente especialidad por unidad de recurso humano, normalmente expresada como um/ hH (unidad de medida de la actividad por hora Hombre).

**RENISDA:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias y Domiciliarias.

**Resistencia a la compresión:** Máximo esfuerzo de compresión que puede resistir un material sin romperse. Ensayo para determinar la resistencia del concreto en un periodo largo.  $R_{cc}=28$  días, es la medida más común.

**Resistencia característica:** Es una resistencia que conlleva un factor de seguridad respecto a la fabricación del hormigón en obra, ya que intenta garantizar que el hormigón en obra será casi en su totalidad más resistente que el hormigón del diseño en papel.

**Restitución fotogramétrica:** La restitución fotogramétrica es una técnica en la cual se procesan imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, se genera una reconstrucción 3D del entorno.

**Rol BIM:** Función que se ejerce en alguna etapa del desarrollo y operación de un proyecto de edificación o infraestructura, en base a capacidades BIM que se suman a las capacidades no referidas a BIM.

Se aconseja que todos los modelos del proyecto sean creados utilizando un punto de origen común o punto base de coordinación del proyecto, que estará georreferenciado en sus dimensiones X, Y y Z, y se establecerá en un sistema de coordenadas y datum específicos, por ejemplo, el UTM.

**SABS:** Sistema de administración de Bienes y Servicios.

**Secuencia:** Orden o disposición de una serie de elementos que se suceden unos a otros.

**Shaft:** Conducto continuo vertical que forma parte de la estructura de la edificación, destinado a contener uno o varios conductos de servicio (basura, correo, electricidad, ventilación, humos y otros servicios).

**Simulación:** En síntesis, es aquella en la cual el estado de las variables que incorpora el sistema cambia en puntos determinados en el tiempo debido a la ocurrencia de un evento.

**Sistema de agua caliente:** Sistema que suministra agua caliente a los artefactos de un inmueble, a partir de un intercambiador de calor, mediante una red de tuberías en circuito cerrado.

**Sistema de agua fría:** Sistema de distribución del agua a todos los puntos de consumo de una vivienda o edificación, comprendiendo los ramales, montantes de agua, tanques, tuberías de succión, impulsión, etc.

**Sistema de ventilación secundaria:** Sistema de ventilación proporcionada por el flujo del aire en el interior de las columnas, ramales o colectores de ventilación que constituyen las tuberías de ventilación secundaria.

**Sobrecarga de uso:** Sobrecarga de uso en un elemento resistente es el peso de todos los objetos que pueden gravitar sobre él por razón de su uso: personas, muebles, instalaciones amovibles, materias almacenadas, vehículos, etc.

**Solicitante:** Actor que recibe la información de trabajos, bienes o servicios desde el Proveedor. Nota: En algunos casos el Solicitante es a la vez el Cliente del proyecto, mientras que en otros el Solicitante actúa en representación del Cliente.

**Solicitud de Información BIM (SDI BIM):** Documento que define por qué y para qué se utilizará BIM en un proyecto. Una Solicitud de Información BIM puede ser denominada de diversas formas según la organización, por ejemplo, términos de referencia BIM, bases administrativas, entre otras.

**Tanque cisterna:** Depósito de agua situado entre el medidor y el conjunto motor bomba, ubicado en la planta baja o sótano de un edificio, destinado al almacenamiento de agua para su posterior distribución mediante un sistema de alimentación indirecto de agua potable (tanque elevado, sistemas hidroneumáticos).

**Tanque elevado:** Depósito de agua destinado a regular y alimentar las redes de distribución de agua potable de un inmueble, es componente de un sistema de alimentación indirecto.

**Tarea:** Labor o trabajo que realiza alguien.

**Tendón:** Barra o cable de acero de gran resistencia empleado para pretensar el hormigón.

**Tensión de Rotura:** La tensión de rotura es definida como una tensión que se mide en unidades de fuerza por unidad de área.

**Terraza:** Sitio abierto semejante a un balcón.

**Trabajo Colaborativo:** El trabajo en equipo, también llamado producción entre pares o colaboración en masa, es una forma de producir bienes y servicios que se basa en comunidades de individuos autoorganizadas. En tales comunidades, el trabajo de muchas personas se coordina hacia un resultado compartido.

**Unidades de Descarga Hidráulica (UD):** Factor numérico que representa la contribución de aguas residuales de un artefacto sanitario. Es considerada en función de la utilización habitual de cada tipo de artefacto sanitario y definida de acuerdo al método de Hunter, se conocen también como Unidades Hunter de Contribución.

**Unidades de gasto:** Peso específico, unidades de gasto (UG), de cada artefacto sanitario operando en forma intermitente, considerando su efecto en el funcionamiento de la red en términos de caudal y consumo.

**Uso BIM:** Método de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos.

**Ventilación primaria:** Ventilación proporcionada por el flujo del aire en la bajante sanitaria, que se prolonga hasta su contacto con la atmósfera, constituyendo el sistema de ventilación primaria.

**Ventilación:** Conducto para evacuar los productos de combustión. Puede ser ventilación individual (para un Aparato) o colectiva.

**Zapata:** Es la base de un cuerpo puntual como un pilar; trabaja básicamente a compresión.

# **“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM EN LAS FASES DE PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN PARA UN EDIFICIO DE 10 NIVELES UBICADO EN LA ZONA DE ALTO SAN ANTONIO”**

## **CAPÍTULO PRIMERO**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Hoy en día el sector de la construcción, se encuentra inmerso a nivel internacional en un momento de cambio en los modelos que han regulado su actividad y de las herramientas utilizadas en los procesos que determinan la creación de nuevas edificaciones o infraestructuras. Existe también una tendencia a nivel mundial de buscar trabajar de manera más colaborativa, anticipando la participación de los diferentes agentes involucrados para así cumplir con los objetivos del proyecto y obtener modelos de mayor calidad.

Para obtener una buena coordinación y control del proyecto, es necesario la implementación de un Plan de Ejecución BIM, el cual, es un documento que define los detalles de implementación de la metodología BIM. Su objetivo es facilitar la entrega de la información de un proyecto, transparentando los procedimientos, estándares, las herramientas tecnológicas y capacidades con las que el proveedor propone responder a los requerimientos del solicitante.

La importancia de la implementación BIM en un proyecto es reducir los desperdicios, problemas de diseño y coordinación. Con la visualización de un modelo tridimensional nos aproximamos a la realidad construida y esto permite el acceso a los datos técnicos además de la información generada a través de una base de datos en la nube.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los últimos años, se ha desarrollado considerablemente la tecnología, mejorando la productividad de las diferentes industrias en el mundo. Sin embargo, pese a estas mejoras, la industria de la construcción es la que presenta los índices más bajos en la mejora de su productividad. McKinsey&Company (2017) señala que la construcción, es a nivel mundial, la industria con la menor cantidad de incremento en su productividad en los últimos 20 años. Como referencia, mientras la manufactura creció su valor añadido en 3.6% y la economía mundial lo hizo 2.8%, la construcción solo lo hizo en 1% Con la ayuda de las herramientas de modelado, diseño y planificación, tenemos la documentación y la información necesaria para la construcción del

proyecto con un trabajo colaborativo entre especialidades. Los beneficios que otorga BIM en términos de mejora de productividad, eficiencia, y mejora en el control de proyectos a través de una metodología colaborativa, un control eficiente del coste y plazo de los proyectos, han conseguido colocar a BIM en una posición dominante en el sector de la construcción británica.

En nuestro país como en muchos otros, el diseño y la construcción de un proyecto se realiza en etapas diferenciadas y muy poco coordinadas, esto genera los siguientes factores:

- Bajos niveles de comunicación entre los involucrados.
- Falta de aplicación del concepto de constructibilidad en la etapa de diseño.
- Falta de herramientas de coordinación y de visualización de los procesos.
- En general a la costumbre muy arraigada de ir solucionando las cosas como se vayan presentando.
- Escaso detalle de los elementos estructurales.
- Modificación en los planos de estructura.
- Falta de planos detallados de arquitectura.
- Incompatibilidad entre las diferentes especialidades.

Actualmente, se tiene un flujo de trabajo en el cual la información se encuentra disgregada ocasionando interferencias debido a la falta de comunicación entre los actores involucrados, estas interferencias generan retrasos durante la construcción que pudieron ser detectadas en la fase de diseño. El proceso de generar la documentación del proyecto o realizar algún cambio en el mismo se encuentra limitada por este aspecto.

La metodología de trabajo actual no presenta un entorno de datos compartidos (CDE), en donde se puedan vincular y sincronizar los modelos de las disciplinas que intervienen en el proyecto. Tampoco existe una colaboración temprana de los involucrados, por ejemplo, es frecuente ver que se deja el diseño sanitario después del diseño estructural generando interferencias en el proyecto que son motivo de retrasos durante la construcción.

La información generada con la metodología tradicional hace complicada la aplicación de elementos prefabricados, ya que los componentes del proyecto podrían tener modificaciones

durante la construcción, esto debido a la falta de coordinación entre los participantes del proyecto. Cualquier construcción industrializada, y especialmente, las construcciones basadas en elementos prefabricados, obtienen la máxima rentabilidad cuando se tiene un control absoluto desde la fase de diseño, optimizando los recursos humanos y materiales previstos, controlando los costes y desviaciones temporales en el proyecto y la ejecución. En este escenario, es donde encaja el modelo BIM, donde se mejoran notablemente los tiempos, la detección de errores en el diseño, la precisión y la coordinación.

La detección de conflictos se encuentra limitada a la superposición de planos en formatos CAD y no se encuentra automatizada. Estos planos se realizan manualmente y no se encuentran vinculados entre sí, por lo que un cambio en el proyecto hace necesario la actualización de cada plano por separado.

Se generan desperdicios durante la construcción, tanto en materiales como en tiempos de ejecución y transportes de materiales.

Los cómputos realizados con la metodología tradicional, se realizan manualmente y se encuentran sujetos al error humano. Se invierte mucho tiempo en el metrado de los materiales debido a que este proceso no se encuentra automatizado ni vinculado con el costo del proyecto.

La planificación tradicional que se genera actualmente, se visualiza en dos dimensiones, se va arrastrando errores de retrabajos en la planificación maestro y no se cumple con los hitos comprometidos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN GENERAL**

El trabajo colaborativo que se esquematiza con la aplicación BIM en la construcción de un edificio, requiere de la interacción de distintos especialistas. En nuestro medio, aún no existe un protocolo definido que represente este trabajo colaborativo. También, existe una mala concepción de lo que es BIM, ya que este, está equivocadamente relacionado con la modelación de un edificio en tres dimensiones o con la aplicación de la interoperabilidad de los softwares afines a la ingeniería, haciendo a un lado la implementación de protocolos y estándares internacionales para asegurar un flujo eficiente de la información del proyecto.

BIM comprende metodologías, procesos, software y formatos digitales para la gestión de proyectos y obras de construcción. Se focaliza en la edificación, pero también se aplica a la obra civil a través

de la creación de un entorno de datos compartidos y el flujo de trabajo que se genera para el trabajo colaborativo.

Es necesario implementar y representar un trabajo colaborativo real con la incorporación de la metodología BIM, para así poder subsanar los conflictos que pudiesen ocurrir cuando todos los profesionales se encuentren trabajando simultáneamente. De esta manera, se podrá representar los protocolos eficientes que conlleva un trabajo simultáneo de las especialidades que intervienen en el diseño y construcción de un edificio. A través de este proyecto, será posible establecer flujos de trabajo eficientes que conlleven a la implementación BIM, también, es fundamental la creación de un entorno de datos compartidos (CDE) que represente una alternativa a los conocidos como BIM 360 o Trimble Connect. La importancia de un CDE reside en la comunicación de los modelos pertenecientes a las especialidades involucradas en el proyecto.

En el diseño de un proyecto, se definen los estándares técnicos a cumplir y a partir de eso se entrega una solución al cliente, sin embargo, la propuesta tradicional suele suplir solo los requerimientos técnicos geométricos del diseño. Al implementar BIM, se puede obtener distintos tipos de reportes muy fáciles de extraer como el volumen de la estructura, las cuantías de acero dentro del proyecto, especificaciones técnicas, detallado de elementos especiales, etc. De este modo, cada uno de estos reportes genera un caudal de información útil y única al proyecto a partir de la que se sustentan las decisiones subsiguientes.

#### **1.4. FINES**

Realizar un trabajo colaborativo bajo la metodología BIM que esté ligado a los estándares internacionales y que cumpla con los protocolos de modelado, diseño y planificación del proyecto para así incrementar la productividad operacional del sector de la construcción en nuestro medio, generando beneficios de costos y tiempos en los diferentes proyectos de edificaciones.

#### **1.5. ESTADO DEL ARTE**

La metodología BIM en el mundo está pasando por diferentes etapas de desarrollo e implementación, ya que ha demostrado traer grandes beneficios en los proyectos de construcción. Esto ha hecho que numerosos países puedan adoptar e implementar esta metodología en la construcción de sus obras civiles, creando incluso normas y protocolos como en Reino Unido, Estados Unidos y en los Emiratos Árabes.

En 2016, Reino Unido ha adoptado de manera obligatoria esta metodología en los proyectos del sector público, con un nivel 2 de BIM señalando un ahorro de costos de la construcción de hasta el

20% y se planea que para el 2025 se logre reducir este costo un 33% y los tiempos de construcción en un 50%. Se han creado instituciones como el RIBA (Royal Institute of British Architects), la NBS (National Building Specifications), el BIM Task Group, el CIC (Construction Industry Council) y la CIOB (Chartered Institute of Building).

En nuestro vecino país “Perú” está en curso y por aprobarse un estándar BIM “Plan BIM Perú”. El 9 de septiembre de 2019 se publicó el decreto que contiene las disposiciones para la integración progresiva del Plan “BIM Perú” en proyectos públicos. Este decreto, es el primer paso del Plan BIM Perú, elaborado por el Ministerio de economía y finanzas (MEF), apunta a reducir los costos extras y los atrasos en la ejecución de las infraestructuras públicas, a optimizar el funcionamiento, mantenimiento y, además, a promover la transparencia en los procesos de inversión pública.

Actualmente solo se dispone de emprendimientos privados que promueven esta metodología a través de cursos presenciales y online, que enseñan el uso de herramientas BIM, como ser: Revit, Navisworks, etc.

En Chile, se cuenta con el Estándar BIM para proyectos públicos, sin embargo, este estándar no es de aplicación obligatoria, esto por el hecho que un cambio sin una transición apropiada generaría un gran impacto en las empresas constructoras del país. En contraparte, existe una entidad que impulsa el desarrollo BIM en ese país, generando conferencias, cursos y realizando programas con las universidades para formar a los profesionales bajo esta metodología. Los requerimientos BIM para proyectos públicos se tienen previstos para su aplicación en el año 2020.

En nuestro país, no existe un interés serio en implementar esta metodología por parte del sector público. Sólo se tiene una experiencia de los profesionales en la implementación BIM a los proyectos, pero aún no se cuenta con estándares para este efecto. Por parte del sector privado, se tiene, 2 entidades que plantean generar un Plan BIM para nuestro país, estas son: ASNBIM (BIM Bolivia) y BIM Forum. Por otra parte, en el sector privado se está comenzando a implementar BIM usando como referencia, estándares y experiencias de países vecinos, el Uso BIM más frecuente es el de detección de interferencias entre las especialidades de estructuras y sanitarias.

Cabe mencionar que, en nuestra facultad, no existe un proyecto de grado que exprese la comunicación entre profesionales durante la implementación de la metodología BIM en una edificación.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo general**

Realizar la implementación de un plan de ejecución BIM mediante normas de diseño y estándares internacionales en las fases de planificación, diseño y previo a la construcción para un edificio de 10 niveles ubicado en la zona de Alto San Antonio.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Crear un entorno de datos compartidos (CDE) que organice el intercambio de la información de los modelos, utilizando un servidor en Google Drive y BIMCollab.
- Organizar los modelos BIM para un correcto flujo de información, aplicando estructuración de modelos, nomenclaturas y codificación.
- Generar los requerimientos de un trabajo colaborativo BIM para un edificio de 10 plantas, mediante flujos de trabajo, roles y la comunicación del equipo BIM en el proyecto.
- Realizar el diseño y modelado multidisciplinar del edificio, generando los modelos BIM de Sitio, Volumétrico, Arquitectónico, Estructural, Instalación Sanitaria y de gas.
- Generar el modelo BIM de Coordinación en un entorno colaborativo, integrando los modelos de Sitio, Volumétrico, Arquitectónico, Estructural, Instalación Sanitaria y de gas en base al Uso BIM Coordinación 3D.
- Realizar la planificación de la secuencia constructiva del edificio, utilizando el modelo 4D (3D+tiempo) en base al Uso BIM Planificación de fases.
- Calcular el costo del proyecto, extrayendo cantidades de los modelos, en base al Uso BIM Estimación de cantidades y costos.
- Generar la planificación de obra (3D + tiempo + Costo), integrando los modelos de Sitio, Volumétrico, Arquitectónico, Estructural, Instalación Sanitaria y de gas, en base al Uso BIM Planificación de obra.

## **1.7. ALCANCE**

Utilizar la metodología de trabajo BIM, en las fases de planificación, diseño y previo a la construcción, bajo un plan de ejecución BIM para un edificio de 10 niveles, ubicado en la zona de Alto San Antonio.

Para representar el trabajo colaborativo de un equipo BIM se seguirá el plan de ejecución BIM del proyecto de grado “DESARROLLO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM PARA UN EDIFICIO

DE 10 NIVELES” documento que define de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM a través de todo el proyecto, estableciendo el alcance de la implementación, los procesos de ejecución de modelado, gestión de la información, infraestructura tecnológica, roles y responsabilidades.

En la etapa de diseño de una edificación, bajo la metodología BIM, se integran muchas especialidades, sin embargo, para este proyecto sólo serán consideradas las de Arquitectura, Estructura, Sanitaria y de Gas.



## CAPÍTULO SEGUNDO

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Actor

Organización, unidad organizacional o persona involucrada en uno o más procesos del ciclo de vida del proyecto (ISO, 2018).

#### 2.2. BIM

“BIM (Building Information Modeling) es un conjunto de metodologías, tecnologías y estándares que permiten diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual.” (BIM Dictionary, 2021).

#### 2.3. Curva de Macleamy

El proceso de desarrollo de modelos BIM típicamente suele asociarse con la curva de MacLeamy, la forma de entender esta analogía es pensando en que a pesar de que el esfuerzo en etapas tempranas de proyecto puede ser mayor, este esfuerzo inicial se verá recompensado en una mayor maniobrabilidad para la toma de decisiones, pues cualquier cambio o decisión tomada de manera anticipada, y con la cantidad de información apropiada, tendrá un mayor impacto sobre la funcionalidad y un menor costo del que tendría la misma decisión en etapas posteriores de desarrollo de proyecto. Esto representa uno de los cambios más importantes del uso de la metodología BIM en diseño.



Figura 1. Curva de MacLeamy - Fuente: Cámara Colombiana de la Construcción. (2019). BIM Fórum Colombia. <https://camacol.co/bim-forum>

## **2.4. Plan de Ejecución BIM**

El Plan de Ejecución BIM, o PEB, es un documento que debe generar cada Proveedor y que, a partir de los aspectos incorporados en la SDI BIM, se debe enfocar en:

- Definir el proceso de ejecución del modelado y gestión de información del proyecto.
- Especificar los procedimientos de intercambio de información, con sus responsables respectivos.
- Establecer la infraestructura tecnológica y las competencias que tiene el Proveedor para el desarrollo del modelado de información en el proyecto.

Con esto, se facilita la gestión de la entrega de información del proyecto. (PlanBIM, 2019, p. 35)

## **2.5. Trabajo colaborativo**

El trabajo colaborativo es el proceso de desarrollo de un proyecto de edificación o infraestructura en el cual todos los actores involucrados se enfocan en obtener beneficios compartidos de las tareas que se realizan durante el ciclo de vida. Esto apunta a que la generación de información sea coordinada independiente del proceso o la forma de contrato.

Para lograr el trabajo colaborativo es necesario que los distintos actores del proyecto generen información utilizando procesos estandarizados y métodos de comunicación establecidos que garanticen la calidad. (PlanBIM, 2019, p. 34)

## **2.6. Entorno de Datos Compartidos (CDE)**

El CDE permite tener una fuente única de información para recopilar, gestionar y difundir documentos y modelos entre los actores del proyecto, a través de un proceso estandarizado. Un CDE generalmente contiene un sistema de gestión documental que facilita la transferencia de información entre los actores de un proyecto. Además, debe considerar la seguridad y la calidad de la información.

La norma ISO 19650-1:2018 indica que la información de un proyecto puede estar localizada en múltiples ubicaciones y el CDE permite que el flujo de trabajo esté distribuido en diferentes sistemas informáticos o plataformas tecnológicas.

Esto quiere decir, que el CDE puede estar conformado por una plataforma o por la suma de distintos sistemas que permitan colaborar, gestionar, registrar y dar trazabilidad a la información

transferida entre los actores. A continuación, se indican las condiciones que deben considerar estos sistemas:

**Plataforma de colaboración:** Esta plataforma debe permitir trabajar con información unificada y centralizada, siguiendo la estrategia de consolidación seleccionada (modelos federados o integrados), administrando y respaldando los modelos BIM de manera segura.

**Plataforma de gestión documental:** Esta plataforma debe permitir el control de los procesos de intercambio de documentación y modelos BIM, gestionando los cambios y haciendo el seguimiento de los costos y tiempos del proyecto.

**Formato de requerimientos de información y colaboración:** Los comentarios, incidencias y revisiones de los modelos BIM deben realizarse a través de formatos que permitan el registro y trazabilidad de éstos. Para esto se puede utilizar BCF (BIM Collaboration Format), que permite, en conjunto con los modelos BIM IFC, comunicar estos requerimientos de información del proyecto a través de formatos abiertos, es decir OpenBIM. (PlanBIM, 2019, p. 67)

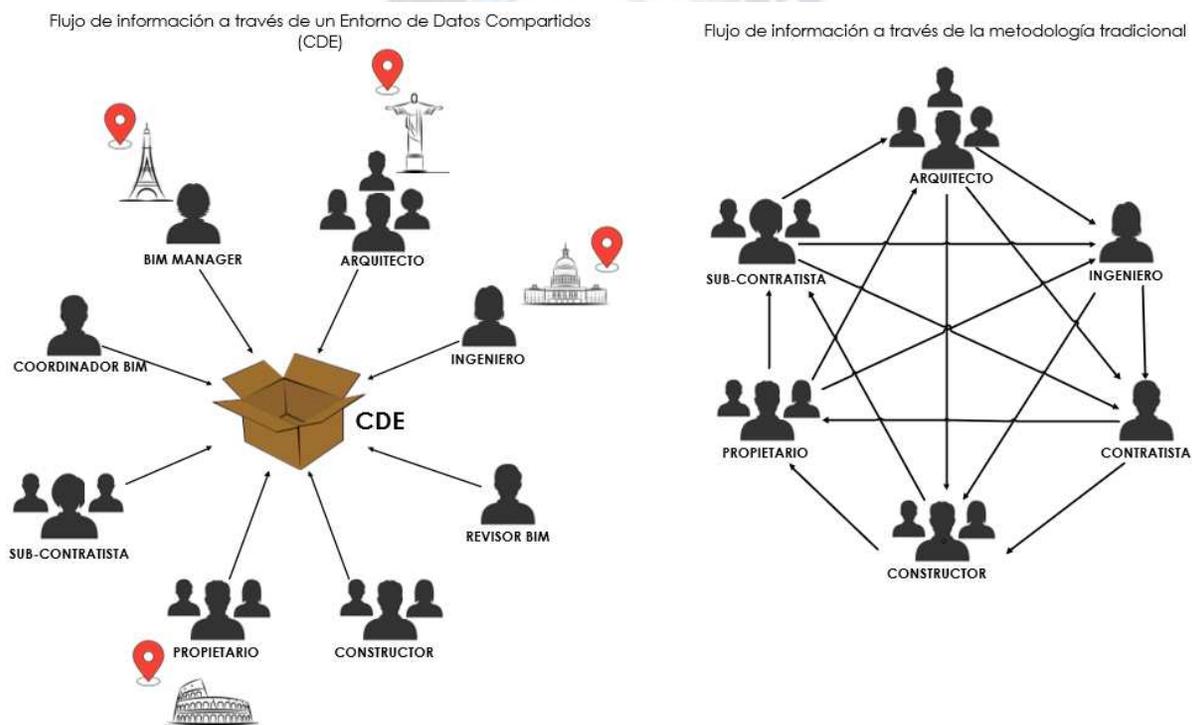


Figura 2. Flujo de información a través de un Entorno de Datos Compartidos y en la metodología tradicional - Fuente: Elaboración propia

### 2.6.1. Procesos de intercambios de información

Los datos e información pueden existir en cuatro estados dependiendo de su desarrollo “las normas ISO 19650 parte 1 y 2 estandarizan la estructura del CDE, definiendo cuatro estatus para los archivos alojados en el CDE” (PlanBIM, 2019, p. 67).

- Trabajo en progreso
- Compartido
- Publicado
- Archivado

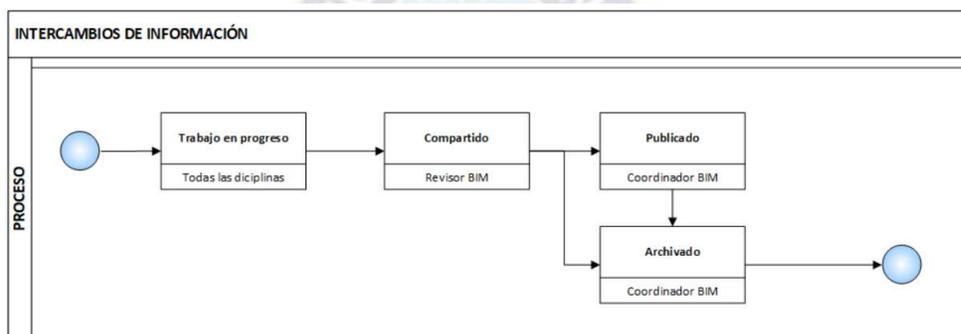


Figura 3. Flujo de intercambio de información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 2.7. Clasificación del estado de adopción de BIM

Reino Unido definió estos niveles para la implementación del Mandato BIM implementado el 2016 en UK, como normas base para la definición de las empresas que quisieran participar en proyectos públicos.

#### 2.7.1. Nivel 0

El Nivel BIM más bajo del Reino Unido que indica la ausencia de colaboración; el uso exclusivo de planos CAD 2D y la distribución de resultados vía papel y/o impresiones electrónicas.

#### 2.7.2. Nivel 1

El Nivel BIM 1 hace referencia a una mezcla de modelado 3D y planos 2D (para presentaciones). Los estándares CAD siguen las normas BS192:2007 y el intercambio de datos se realiza a través de un Entorno de Datos Común. En este nivel no hay colaboración entre las diferentes disciplinas ya que cada una de ellas publica y mantiene sus propios modelos, documentos y datos.

### 2.7.3. Nivel 2

El Nivel BIM 2 hace referencia a las prácticas de trabajo colaborativo donde las partes generan sus propios modelos 3D y comparten información a través de un Entorno de Datos Común o CDE por su sigla en inglés, usando formatos de ficheros comunes.

### 2.7.4. Nivel 3

El Nivel BIM 3 hace referencia a un proceso 'totalmente abierto' y la integración de datos facilitada por servidores web; cumple con los estándares emergentes Industry Foundation Classes (IFC) y Diccionario de Datos de buildingSMART (anteriormente IFD); y gestionado por un Modelo Servidor Colaborativo. Este nivel también se conoce como iBIM (BIM integrado) y potencialmente puede utilizar procesos de ingeniería concurrente. (PlanBIM, 2019)

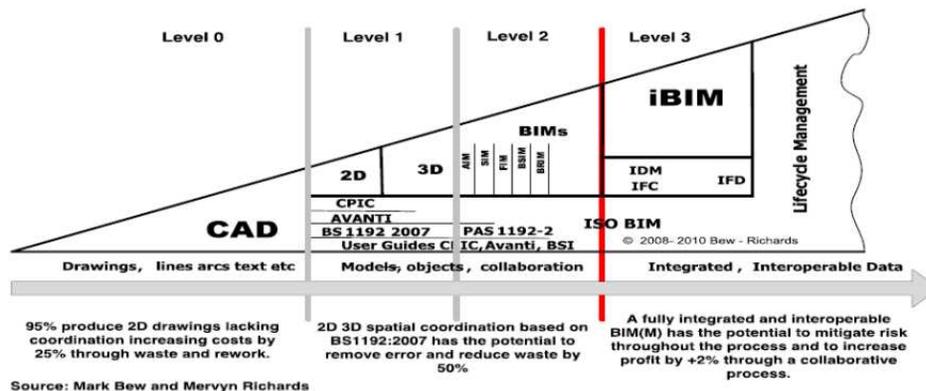


Figura 4. Niveles de aplicación en BIM - Fuente: <http://www.bimthinkspace.com/2015/02/episode-22-the-wedge-and-the-s-curve.htm>

## 2.8. Las 7 dimensiones BIM

El ciclo de vida de un proyecto va desde la concepción de la idea para construirlo hasta la demolición y/o la reutilización del mismo. Este ciclo puede dividirse en 7 fases que se han denominado como dimensiones BIM.

1D) Idea. - Se llevan a cabo las tareas iniciales de investigación, implementación, concepción del diseño y se realizan las estimaciones de superficie, volumetría y costes. En esta parte, además, se establece el plan de ejecución.

2D) Boceto. - Teniendo en mente lo que se va a hacer, se producen planos 2D, se seleccionan materiales, se define el software y el ciclo de vida del proyecto.

3D) Modelo. - A partir de toda la información recopilada, se genera el modelo 3D que nos servirá como base para el resto del ciclo de vida del proyecto. Esto permite una generación fluida de la información y realizar correcciones entre especialidades.

4D) Tiempo. - Se agrega la dimensión del tiempo al proyecto, de modo que se pueda definir las fases del mismo, establecer una planificación temporal y realizar simulaciones de parámetros temporales como asoleamiento, viento y energía.

5D) Coste. - Se realiza el control de costes y estimación de gastos del proyecto. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto.

6D) Simulación. - En ocasiones llamada Green BIM, consiste en simular las posibles alternativas del proyecto para finalmente llegar a la alternativa óptima. Y todo ello antes de comenzar los trabajos en obra.

7D) Gestión. - Se trata del manual que hay que seguir durante la vida del proyecto una vez construido para el uso y mantenimiento del mismo realizando inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc. (Autodesk, 2015)

## 2.9. Entidad

Una entidad de modelo es un elemento virtual que representa un objeto físico o abstracto de construcción, que puede ser o no paramétrico, tanto en 2D como 3D. (PlanBIM, 2019, p. 45)

Entidades	
 Ejes ( <i>IfcGrid</i> )	 Ventanas ( <i>IfcWindow</i> )
 Terreno ( <i>IfcSite</i> )	 Puertas ( <i>IfcDoor</i> )
 Elementos Civiles ( <i>IfcCivilElement</i> )	 Cubiertas / Techumbre ( <i>IfcRoof</i> )
 Elementos Geográficos ( <i>IfcGeographicElement</i> )	 Cielos Falsos/Acabados ( <i>IfcCovering</i> )
 Fundaciones ( <i>IfcFooting</i> )	 Sistemas de Circulación /Escaleras / Rampas ( <i>IfcTransportElement - IfcStair - IfcRamp</i> )
 Zonas / Espacios ( <i>IfcSpace-IfcZone</i> )	 Equipos e Instalaciones ( <i>IfcSanitaryTerminal - IfcMedicalDevice - IfcLamp</i> )
 Columnas ( <i>IfcColumn</i> )	 Muebles ( <i>IfcFurniture - IfcSystemFurnitureElement</i> )
 Vigas ( <i>IfcBeam</i> )	 Estructuras Especiales ( <i>IfcElementAssembly</i> )
 Losas / Radier ( <i>IfcSlab</i> )	 Equipamiento y Tableros MEP ( <i>IfcEnergyConversionDevice - IfcDistributionControlElement</i> )
 Muros ( <i>IfcWall</i> )	
 Muros Cortina ( <i>IfcCurtainWall</i> )	 Distribución y Tuberías MEP ( <i>IfcDistributionFlowElement</i> )

Figura 5. Entidades de los modelos BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

## 2.10. Modelos BIM

Un modelo BIM es una representación digital tridimensional (3D) basada en entidades, rica en datos, creada por un actor del proyecto utilizando una herramienta de software BIM. (BIM Dictionary, 2021)

### 2.10.1. Tipos de modelo BIM

El estándar BIM para proyectos públicos plantea los siguientes tipos de modelos BIM. (PlanBIM, 2019, p. 43)

**Tabla 02. Tipos de modelos BIM**

En la siguiente tabla se muestran nueve tipos de modelos BIM que se pueden generar para proyectos de edificación o infraestructura, según corresponda:

Modelo BIM	Edificación	Infraestructura
Sitio		
Volumétrico		
Arquitectura o Diseño de Infraestructura		
Estructura		
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)		
Coordinación (**)		
Construcción (***)		
As-Built		
Operación		

(\*\*): El modelo de coordinación debe ser realizado a través de la consolidación de, al menos, los modelos de arquitectura o diseño de infraestructura, estructura y MEP. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.

(\*\*\*): El modelo de construcción podrá considerar la utilización de otros de los nueve tipos de modelos. Esta consolidación debe realizarse por medio de modelos federados o integrados según lo indicado en el punto 5.8.2.

*Elaborada por Planbim*

Figura 6. Tipos de modelos BIM - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile

## 2.11. Consolidación de modelos BIM

Existen distintas maneras de unir la información de los modelos generados por los diversos actores del proyecto. Por esto, se debe seleccionar una de las siguientes estrategias de consolidación, que debe ser conocida y utilizada a lo largo de todo el desarrollo del proyecto:

Modelo BIM federado: Modelo creado a partir de información contenida en archivos separados. Esta información puede provenir de distintos actores.

Modelo BIM integrado: Modelo compuesto por la información de las distintas disciplinas del proyecto, contenida en una única base de datos. (PlanBIM, 2019, p. 69)

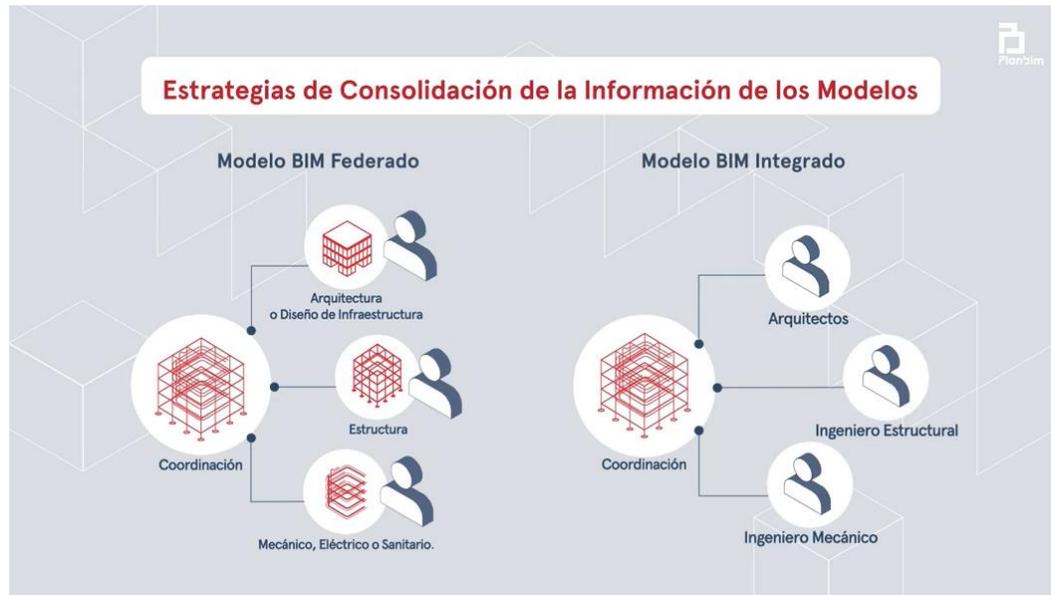


Figura 7 Consolidación de modelos BIM - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile

## 2.12. Etapas para la construcción de una edificación

Las fases de un proyecto de construcción se dividen en cuatro grupos principales.

### 2.12.1. Fase de planificación

Según Certan, Mora, & Mafé (2018), son las fases iniciales de la operación, en las que el promotor (inversionista) de la misma establece las pautas y requisitos generales. En estas fases todavía no se ha establecido ningún contrato.

### 2.12.2. Fase de diseño

Para la fase de diseño Certan, Mora, & Mafé (2018), son fases en las que el promotor ha definido los requisitos de la operación y ha contratado a diversos agentes para que procedan al desarrollo del proyecto o conjunto de documentos que servirán para la materialización del edificio. Entre estas fases se incluyen las que se encargaran de ir elaborando el diseño, desde etapas conceptuales hasta etapas de definición y detalle.

### **2.12.3. Fase de construcción**

Según Certan, Mora, & Mafé (2018), es donde se alcanzan estas fases una vez que se ha desarrollado la documentación suficiente como para poder ejecutar físicamente la obra.

### **2.12.4. Fase de operación**

Según Certan, Mora, & Mafé (2018), es la fase con el edificio ya en propiedad del promotor y listo para su uso y explotación. Esta fase suele incluir tareas de mantenimiento y operación.

## **2.13. Usos BIM**

Los Usos BIM son “métodos de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”. Estos usos sirven para explicar las diferentes formas en que las partes interesadas del proyecto pueden utilizar BIM. (PlanBIM, 2019)

En el ámbito internacional, existen distintos documentos de definición de Usos BIM. Las definiciones incorporadas en este proyecto están basadas en el estándar BIM para proyectos públicos de Chile que utilizó como base el documento Building Information Modeling Project Execution Planning Guide, de la Universidad del Penn State, en Estados Unidos, que determina veinticinco Usos BIM. A continuación, se presentan las definiciones de los veinticinco Usos BIM.

### **2.13.1. Levantamiento de condiciones existentes**

Proceso de desarrollo de uno o más modelos BIM considerando las condiciones actuales de un sitio y/o sus instalaciones y/o un área específica dentro de una edificación o infraestructura. Este modelo se puede desarrollar de múltiples maneras, por ejemplo, a partir de escaneo láser o técnicas de topografía convencionales. Una vez que se construye el modelo, éste se puede consultar para obtener información, ya sea para una nueva construcción o un proyecto de remodelación y/o ampliación.

### **2.13.2. Estimación de cantidades y costos**

Proceso de utilización de la información de uno o más modelos BIM para extraer cantidades de componentes y materiales del proyecto y, en base a esta información, el costo de un proyecto en sus distintas etapas, siendo más eficiente desarrollarlo desde las etapas tempranas. Esto permite prevenir posibles costos y tiempos adicionales por errores y/o modificaciones al proyecto.

### **2.13.3. Planificación de fases**

Proceso de utilización de uno o más modelos 4D (3D + tiempo) para planear la secuencia constructiva de un proyecto y/o las etapas de ocupación en una remodelación o ampliación de una edificación o infraestructura.

### **2.13.4. Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)**

Proceso de utilización de uno o más modelos BIM para evaluar si el diseño cumple de manera eficiente y exacta con las áreas incluidas en los requerimientos del proyecto, tomando en cuenta las regulaciones y normas establecidas.

### **2.13.5. Análisis de ubicación**

Proceso de utilización de uno o más modelos BIM y/o GIS para evaluar las propiedades de un área y determinar la mejor localización y orientación de un futuro proyecto.

### **2.13.6. Coordinación 3D**

Proceso de planificación entre las distintas disciplinas previo al diseño para evitar posibles interferencias. Este Uso BIM incluye además la detección de interferencias una vez generados los diseños de las disciplinas a través de uno o más modelos BIM.

### **2.13.7. Diseño de especialidades**

Proceso de creación de uno o más modelos BIM de las distintas disciplinas de un proyecto. El Diseño de especialidades es un paso clave para incorporar la información a una base de datos inteligente de la cual se pueden extraer propiedades, cantidades, costos, programación, etc.

### **2.13.8. Revisión del diseño**

Proceso de revisión de las posibles respuestas a los requerimientos del proyecto respecto de áreas, diseño espacial, iluminación, seguridad, confort, acústica, materialidad, colores, etc., mediante la creación de uno o más modelos BIM que pueden contener múltiples alternativas de diseño.

### **2.13.9. Análisis estructural**

Proceso de análisis para determinar el comportamiento de un sistema estructural a través de uno o más modelos BIM. En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas

estructurales eficientes que cumplan con la normativa vigente. Esta información se utilizará en las fases de diseño y construcción.

#### **2.13.10. Análisis lumínico**

Proceso para determinar el comportamiento de un sistema de iluminación a través de uno o más modelos BIM. Esto puede incluir iluminación artificial (interior y exterior) y natural (iluminación solar y sombra). En base a este análisis, se desarrolla y ajusta el diseño para crear sistemas de iluminación eficientes. Este análisis permite simulaciones que pueden mejorar significativamente el diseño y el rendimiento de la iluminación a lo largo de su ciclo de vida.

#### **2.13.11. Análisis energético**

Proceso de evaluación de un proyecto a través de uno o más modelos BIM, en base a criterios energéticos, que pueden incluir materiales, desempeños y/o procesos. Esta evaluación energética puede ser realizada en todas las etapas del ciclo de vida, sin embargo, es más efectiva cuando se realiza en la fase de diseño para luego ser aplicada en la etapa de construcción y operación del proyecto.

#### **2.13.12. Análisis mecánico**

Proceso de análisis y evaluación de ingeniería de los sistemas mecánicos, basado en las especificaciones de diseño para los sistemas del proyecto, a través de uno o más modelos BIM.

#### **2.13.13. Otros análisis de ingeniería**

Proceso para determinar el método de ingeniería no tradicional más pertinente basado en las especificaciones de diseño, a través de uno o más modelos BIM. Las herramientas de análisis y simulaciones de rendimiento pueden mejorar significativamente el diseño de las instalaciones y su consumo de energía durante todo el ciclo de vida.

#### **2.13.14. Evaluación de sustentabilidad**

Proceso en el que un proyecto se evalúa en base a criterios de sustentabilidad a través de uno o más modelos BIM. Este proceso debe ocurrir durante todas las etapas de la vida de un proyecto, incluida la planificación, el diseño, la construcción y la operación. La aplicación de criterios sustentables a un proyecto en las fases de planificación y diseño temprano mejoran la capacidad de impactar en la eficiencia del diseño y la planificación.

#### **2.13.15. Validación normativa**

Proceso de revisión del cumplimiento de códigos y normas que aplican al proyecto a través de uno o más modelos BIM.

#### **2.13.16. Planificación de obra**

Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para planificar, de manera gráfica, las actividades vinculadas a los elementos existentes, temporales y propuestos de un proyecto durante su construcción. Esto puede incluir el costo de mano de obra y los materiales, entre otros puntos.

#### **2.13.17. Diseño de sistemas constructivos**

Proceso de diseño y análisis de la ejecución de sistemas de construcción complementarios (por ejemplo, soportes temporales, acristalamientos, etc.) para optimizar su planificación a través de uno o más modelos BIM.

#### **2.13.18. Fabricación digital**

Proceso que utiliza información de uno o más modelos BIM para facilitar la fabricación de componentes de construcción o ensamblajes. Algunos usos de la fabricación digital se pueden ver, por ejemplo, en la fabricación de chapas metálicas, fabricación de acero estructural, corte de tuberías, creación de prototipos para revisiones de intención de diseño, etc. La información de los modelos ayuda a asegurar la precisión, así como también la reducción de desperdicios en la fase de fabricación.

#### **2.13.19. Control de obra**

Proceso de monitoreo, análisis, administración y optimización de la construcción, a través de uno o más modelos BIM. El objetivo es asegurar que la construcción se realice según las especificaciones técnicas, de acuerdo con las regulaciones, seguridad y requerimientos del propietario, así como para respaldar los estados de pago de los avances logrados en cada hito de entrega parcial.

#### **2.13.20. Modelación as-built**

Proceso de modelación en el que se representa de manera exacta las condiciones físicas de todos los elementos que son parte de una edificación o infraestructura. Los elementos de estos modelos contienen toda la información solicitada para los modelos, tal como códigos de barras, números de serie, garantías, historial de mantenimiento, entre otros.

#### **2.13.21. Gestión de activos**

Proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado bidireccionalmente a un modelo BIM as-built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos BIM contienen información de la construcción física, los sistemas, el entorno circundante y los equipos, que se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable.

#### **2.13.22. Análisis de sistemas**

Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para el análisis del desempeño de un edificio o infraestructura de acuerdo con el planteamiento de las especialidades en el diseño original. Esto incluye cómo funcionan los diferentes sistemas mecánicos y cuánta energía utilizan. Otros análisis que se pueden hacer incluyen incidencia solar en las fachadas, análisis lumínico y de radiación, cálculo de flujo de aire, entre otros.

#### **2.13.23. Mantenimiento preventivo**

Proceso en el cual se utiliza uno o más modelos BIM para desarrollar la mantención funcional de la estructura de una edificación o infraestructura (muros, columnas, pisos, techo, etc.) y su equipamiento (mecánico, sanitario, eléctrico, etc.) durante su operación. Un programa de mantenimiento exitoso puede mejorar de manera significativa el desempeño del activo, reduciendo reparaciones y costos generales.

#### **2.13.24. Gestión y seguimiento de espacios**

Proceso de administración de los espacios y recursos relacionados a éstos dentro de una edificación o infraestructura, a través de uno o más modelos BIM que permiten al equipo de administración analizar el uso del espacio y planificar posibles cambios. Esto es particularmente útil en la remodelación o ampliación de un proyecto durante el cual los espacios e instalaciones deben permanecer ocupados y en funcionamiento.

#### **2.13.25. Planificación y gestión de emergencias**

Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo es

proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente dónde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo. (PlanBIM, 2019, p. 52)

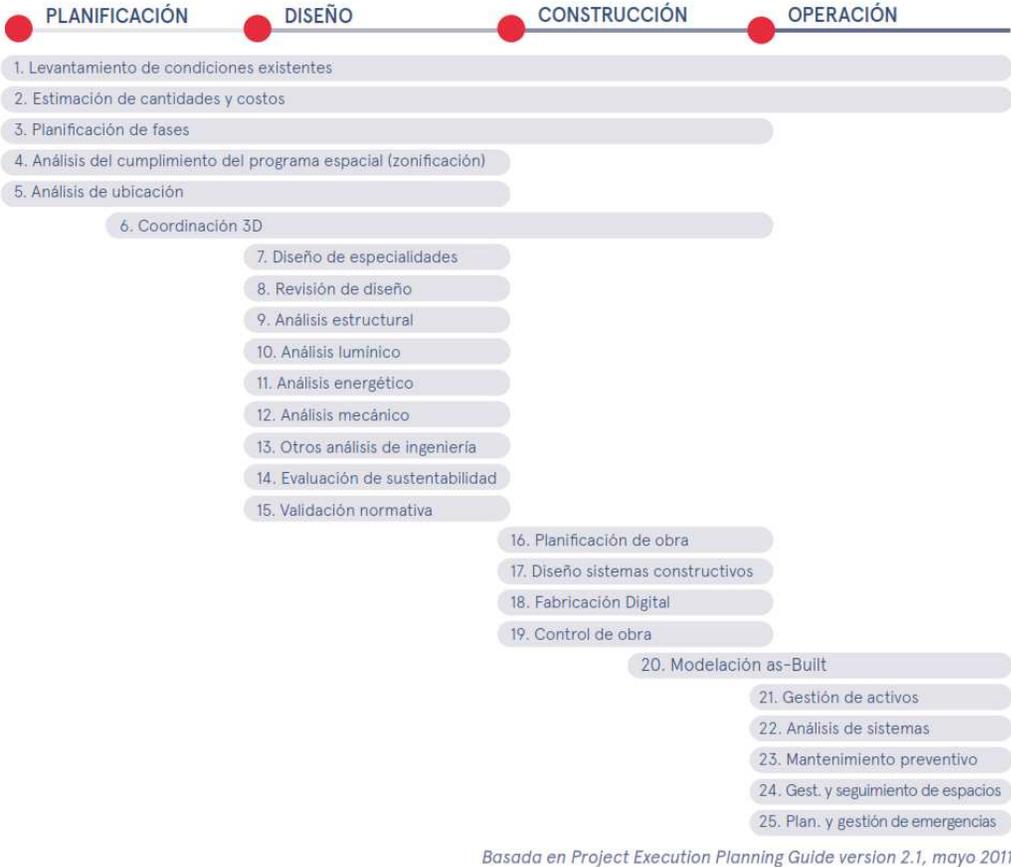


Figura 8. Usos BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

**2.14. Roles BIM**

Un Rol BIM es una función que se ejerce en alguna etapa de la planificación, diseño, construcción y/u operación de una edificación o infraestructura, en base a capacidades BIM que se suman a las capacidades no referidas a BIM. (PlanBIM, 2019, p. 107)

En la siguiente figura se define cada uno de los Roles BIM, de acuerdo a sus acciones y responsabilidades relacionadas con BIM y experiencia previa sugerida.

Tabla Roles 01. Acciones, responsabilidades y experiencia previa para cada Rol BIM		
 <p>Revisión en BIM</p>	<p>Visualizar y verificar la información (geometría y datos) de los modelos desarrollados en BIM, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).</p>	<p>Conocimiento sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a revisar. Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: fiscalización, validación, auditoría, control, desarrollo y/o ejecución en base a la información obtenida de un proyecto.</p>
 <p>Modelación en BIM</p>	<p>Desarrollar modelos BIM de proyectos según la especialidad, utilizando diferentes tipos de representación y extracción de la documentación técnica de ellos. Dominar el intercambio de la información en diferentes formatos. Modelar los elementos agregando o actualizando la información requerida. Usar y crear nuevas entidades.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a modelar.</p>
 <p>Coordinación en BIM</p>	<p>Desarrollar el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores según la etapa de un proyecto. Validar e integrar modelos de distintas especialidades, prevenir conflictos y conciliar soluciones. Comunicarse con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño. Organizar sesiones de coordinación entre las disciplinas. Configurar el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB. Mantener el/los modelo(s) actualizado(s) y liviano(s). La(s) persona(s) en este rol son el principal punto de contacto entre los modeladores.</p>	<p>Conocimiento y competencias sobre el desarrollo de proyectos, los objetivos técnicos y normativos del tipo de proyecto, especialidad y etapa a coordinar. Liderazgo de equipos.</p>
 <p>Gestión en BIM</p>	<p>Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación y actualización de la metodología BIM en una organización, un proyecto o en la administración de un activo. Definir el entorno de modelación, los estándares que se usarán, los modelos que se crearán, cómo se vincularán entre sí, cómo se ordenará y organizará la información en los modelos, la configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación. Definir un cronograma para las entregas y organizar reuniones del equipo BIM. La(s) persona(s) en este rol son el punto de contacto para el (los) gerente(s) del proyecto y para los diversos coordinadores de un proyecto.</p>	<p>Competencias en alguna de las siguientes responsabilidades: estandarización y optimización de procesos tecnológicos, planificación y administración de proyectos, operación y mantenimiento de activos. Liderazgo de equipos.</p>
 <p>Dirección en BIM</p>	<p>Liderar y fomentar la implementación de BIM en una organización, de acuerdo a las necesidades, estrategias y toma de decisiones relativas a proyectos e inversiones, según la etapa del ciclo de vida del proyecto (idea, diseño, construcción y operación).</p>	<p>Experiencia en gestión estratégica de proyectos y/o de organizaciones. Liderazgo.</p>

Elaborada por Planbim

Figura 9. Roles BIM - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

## 2.15. NDI (Nivel de información)

Los Niveles de Información o NDI son los Grados de profundidad que puede tener tanto la información geométrica como no geométrica contenida en las entidades de los modelos BIM, según el Estado de Avance de la Información de los Modelos en que se requiera. Esta información puede cambiar y/o aumentar a medida que el proyecto avanza. En el estándar BIM Chile se especifica que no son los modelos los que se definen según un NDI, sino que los modelos albergan

diferentes niveles de NDI, dependiendo del NDI de las entidades que contengan. (PlanBIM, 2019, p. 60)

Concepto	Descripción
 <b>Información inicial general</b>	Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
 <b>Información básica aproximada</b>	Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
 <b>Información detallada</b>	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
 <b>Información detallada y coordinada</b>	Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.
 <b>Información detallada de la fabricación y montaje</b>	Información detallada de la fabricación y montaje, considerando el tamaño, localización, cantidad, orientación e interacción entre los elementos.
 <b>Información detallada de lo construido y su puesta en marcha</b>	Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación y de la puesta en marcha de los elementos construidos.

*Elaborada por Planbim, basado en G202-2013 - Project Building Information Modeling Protocol Form de AIA y en el Level of Development Specification de BIMForum USA*

Figura 10. Niveles de información - Fuente: Estándar BIM para proyectos públicos de Plan BIM Chile

## 2.16. Entregables BIM

Documentos e información necesaria para la obtención de modelos BIM, así como todos los productos resultantes del uso de herramientas y flujos de trabajo BIM. (PlanBIM, 2019, p. 27)

## 2.17. Estándares BIM

### 2.17.1. Estándar

Documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que entrega, para usos comunes y repetidos, reglas y directrices o características para actividades o sus resultados, ayudando a la obtención de un grado óptimo de ordenamiento en un contexto dado. (PlanBIM, 2019, p. 16)

## 2.18. ISO 19650

La ISO 19650 es una norma internacional de gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo construido, utilizando el modelado de información para la edificación (BIM o

Building Information Modelling). Es una referencia aplicable a todo el mundo, donde cada país puede decidir el implementarlo.

La parte primera de la norma describe los conceptos y principios de BIM y la parte segunda describe las fases de entrega de los activos. (PlanBIM, 2019)

### **2.18.1. Estándar BIM para proyectos Públicos (Chile)**

Este estándar se alinea con los requerimientos mínimos para el intercambio de información BIM establecidos en los diferentes estándares internacionales. A su vez, incorpora mayor detalle respecto de cómo debe ser entregada la información a través de la definición de, por ejemplo, Nivel de Información, Tipo de Información, Usos de BIM, etc. Todas estas definiciones están basadas en estándares y convenciones internacionales que se referencian en cada uno de los puntos correspondientes. (PlanBIM, 2019)

### **2.19. Herramientas de trabajo**

#### **2.19.1. Interoperabilidad entre software BIM**

La interoperabilidad es la capacidad de diferentes programas para intercambiar datos y para leer y escribir los mismos formatos de archivo y usar los mismos protocolos.

En un entorno de trabajo BIM, la interoperabilidad es la capacidad de intercambiar datos entre software BIM, permitiendo uniformar el flujo de trabajo y facilitando la automatización de los distintos procesos durante el ciclo de vida del proyecto. (espaciobim, 2019)

#### **2.19.2. Software**

##### **2.19.2.1. Contextcapture**

Software para generar automáticamente modelos 3D detallados a partir de fotografías simples y/o nubes de puntos. (Bentley, 2015)

##### **2.19.2.2. Recap pro**

Crea modelos 3D a partir de fotografías o exploraciones láser. El producto final es una nube de puntos o malla preparada para herramientas de creación CAD y BIM. Dentro de sus características encuentras: Servicio de foto a 3D basado en la nube. (Autodesk, 2019)

### **2.19.2.3. Civil 3D**

Autodesk AutoCAD Civil 3D es un software dirigido al diseño y generación de documentación para una gran variedad de proyectos de ingeniería civil que soporta los flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling): carreteras y vías de alta capacidad (autovías/autopistas) con todo tipo de complejidad, ferrocarriles, aeropuertos, etc. (Autodesk, 2017)

### **2.19.2.4. Revit**

Revit es un software de BIM que agrupa todas las disciplinas de arquitectura, ingeniería y construcción en un entorno de modelado unificado para crear proyectos más eficientes y rentables. (Autodesk, 2021)

### **2.19.2.5. Robot Structural Analysis**

Robot Structural Analysis Professional es un software de análisis de carga estructural que verifica el cumplimiento del código y utiliza flujos de trabajo integrados en BIM para intercambiar datos con Revit. Puede ayudarlo a crear diseños más resistentes y construibles que sean precisos, coordinados y conectados a BIM. (Autodesk, 2021)

### **2.19.2.6. Adapt Builder**

Crea fácilmente geometría de hormigón compleja, incluidos niveles únicos, rampas y estructuras de hormigón de varios pisos utilizando herramientas de modelado sólidas, así como la importación desde software CAD y BIM. (Risa, 2021)

### **2.19.2.7. Arquímedes y control de obra**

La herramienta para mediciones, presupuestos, certificaciones, pliegos de condiciones; y manual de uso y mantenimiento del edificio. (cype, 2015)

### **2.19.2.8. Naviswork**

Software de revisión de modelos 3D para arquitectura, ingeniería y construcción. (Autodesk, 2021)

### **2.19.2.9. Synchro pro**

Synchro Pro es un software diseñado para afrontar grandes retos y complejidades en proyectos de construcción.

Este software permite trabajar en tiempo real, con funcionalidad 4D, además de ofrecer a los

equipos la capacidad de planificar, comunicar y gestionar tareas de forma ágil y eficiente. (BIMCommunity, 2018)

#### **2.19.2.10. BIMCollab**

BIMcollab Cloud es una plataforma de seguimiento de incidencias en colaboración para BIM, construido para los ampliamente aceptados estándares IFC y BCF. Las incidencias BCF contienen toda información relevante para permitir comunicación sobre modelos BIM. (BIM Collab, 2021)

#### **2.19.2.11. MS project**

Este software, Microsoft Project, te permite organizar cualquier proyecto que tengas entre manos. Desde pequeños proyectos hasta grandes iniciativas. Así como ser el jefe de cualquier proyecto con una aplicación eficaz y fácil de utilizar. (Espacio BIM, 2020)

### **2.20. Coordinación**

Proceso de planificación entre las distintas disciplinas previo al diseño para evitar posibles interferencias. El proceso incluye además la detección de interferencias una vez diseñadas las disciplinas a través de uno o más modelos BIM. (PlanBIM, 2019, p. 84)

### **2.21. Open BIM**

Enfoque universal para el diseño, ejecución y operación de edificios basados en estándares y flujos de trabajo abiertos. openBIM es una iniciativa de buildingSMART y de varios proveedores de software líderes que utilizan el modelo de datos abierto de esa misma organización. (buildingSMART, 2021)

### **2.22. BCF**

Cuando intercambia datos BIM utilizando IFC, probablemente también desee comunicarse sobre los objetos en su modelo. Hacer esto por correo electrónico o usar el teléfono para comentar sobre 'la tercera columna de la derecha en el segundo piso' conlleva riesgos y falta de claridad. Por eso se creó el "Formato de colaboración BIM" (BCF).

El formato de colaboración BIM (BCF) permite que diferentes aplicaciones BIM comuniquen problemas basados en modelos entre sí al aprovechar los datos IFC que se han compartido previamente entre los colaboradores del proyecto. BCF se creó para facilitar las comunicaciones

abiertas y mejorar los procesos basados en IFC para identificar e intercambiar más fácilmente problemas basados en modelos entre herramientas de software BIM. (buildingSMART, 2021)

### 2.23. IFC

Esquema de base de datos ampliable que representa información de la construcción para el intercambio entre distintos softwares para arquitectura, ingeniería y construcción. (PlanBIM, 2019, p. 27)



## CAPÍTULO TERCERO

### 3. MARCO PRÁCTICO

El procedimiento deberá seguir los procesos y flujos especificados en el Plan de Ejecución BIM, este procedimiento se esquematiza de la siguiente manera:

- Se creará un Entorno de Datos Compartidos que organice el intercambio de la información de los modelos en una plataforma de Google Drive y BIMCollab.
- Se aplicará la estructuración, nomenclatura y codificación de colores dentro de los modelos según las disciplinas para la extracción y procesamiento de la información del modelo Arquitectónico, Estructural y de Instalaciones.
- Se realizarán los modelos BIM Arquitectónico, Estructural e Instalaciones para el proyecto en un entorno colaborativo.
- Se aplicará el uso BIM de coordinación 3D para gestionar las incidencias en los modelos BIM.
- Con los modelos coordinados y corregidos se aplicará el Uso BIM de estimación de cantidades y costos para estimar el costo del proyecto.
- Se aplicará los usos BIM de planificación de fases para simular las fases constructivas del proyecto y determinar el tiempo de duración del mismo.
- Teniendo la planificación, se añadirá la variable costo al proyecto a través del uso BIM planificación de obra.

#### 3.1. PLAN DE EJECUCIÓN BIM

##### 3.1.1. Información básica del proyecto

<b>Solicitante:</b>	Flia. Rodríguez
<b>Nombre del proyecto:</b>	Torre San Antonio
<b>Ubicación del proyecto:</b>	Zona Alto San Antonio/Av. 18 de mayo
<b>Tipo de contrato</b>	Contratación directa
<b>Descripción del proyecto:</b>	Edificio de uso residencial
<b>Número de contrato:</b>	00-00-01
<b>Número de contrato:</b>	00-00-01

Nº de documento: 1

Fecha: 01/05/2021

Revisión: 1

Hoja de control del documento					
Revisión	Estatus	Página	Enmienda	Fecha	Por

### 3.1.2. Empresas participantes

Nombre Empresa	Especialidad	Código	Nombre de responsable
ARQUITECTURA BIM	Proyecto de Arquitectura	ARQ	CHRISTIAN CERRUTO
GESTION BIM	Levantamiento topográfico y georreferenciación	TOP	CHRISTIAN CERRUTO
ESTRUCTURAS BIM	Proyecto de Estructuras o Calculo	EST	GASTON MASCO
MEP BIM	Proyecto de Instalación de Gas	GAS	CHRISTIAN CERRUTO
MEP BIM	Proyecto de Instalación Sanitarias	SAN	ARIEL CHOQUE
COSTES BIM	Costes	Q	ARIEL CHOQUE
GESTION BIM	Gestor BIM o BIM Manager	BM	LUIS RODRIGUEZ
GESTION BIM	Coordinación BIM	CB	CHRISTIAN CERRUTO
CONSTRUCTORA BIM	Planificación de fases	DT	GASTON MASCO
CONSTRUCTORA BIM	Planificación de obra	DT	GASTON MASCO
GESTION BIM	Revisión BIM	RV	CHRISTIAN CERRUTO

### 3.1.3. Objetivos y usos BIM

Objetivo general de la utilización de BIM en el proyecto	
Objetivo General	
El objetivo de la utilización de BIM es incrementar la calidad de la construcción, reducir la incertidumbre del cumplimiento del cronograma y disminuir costos a través de la reducción de los desperdicios de obra.	
Objetivos específicos de la Utilización del BIM en el proyecto	
Objetivos Específicos	Usos BIM relacionados
Reducir los costos del proyecto. Prevenir conflictos críticos entre las distintas especialidades.	Coordinación 3D
Comunicar las opciones de diseño al propietario y al equipo de construcción. Optimizar la comunicación y generar mejores decisiones.	Revisión del diseño
Mejorar el control y la calidad del diseño. Mejorar la colaboración entre las partes interesadas.	Diseño de especialidades
Aumentar la eficiencia y exactitud de la documentación de las condiciones existentes.	Levantamiento de condiciones existentes
Disminuir los errores y diferencias entre lo diseñado y lo construido en obra. Aumentar la productividad en obra.	Planificación de obra

Mejor comprensión de la planificación por parte del propietario y los participantes del proyecto. Integrar a la planificación los recursos humanos, equipo y materiales con el modelo BIM para planificar mejor y estimar los costos del proyecto. Identificar y resolver los conflictos de espacios durante el proceso constructivo. Mejorar la supervisión de adquisición de recursos del proyecto. Comunicar las complejidades del proyecto y apoyar la realización de análisis adicionales.	Planificación de fases
Mejorar la coordinación geométrica con las demás especialidades.	Análisis estructural
Evaluar de manera rápida, precisa y confiable las cantidades y costos. Explorar las diferentes opciones de diseño dentro del presupuesto del propietario.	Estimación de cantidades y costos
Reducir la posibilidad de errores de diseño establecidos por norma. Reducir el tiempo de respuesta de revisión por parte de funcionarios municipales.	Validación normativa
Mejorar la coordinación geométrica con las demás especialidades.	Otros análisis de ingeniería

<b>Objetivo general de la utilización de BIM en el proyecto</b>	
<b>Objetivo General</b>	
El objetivo de la utilización de BIM es incrementar la calidad de la construcción, reducir la incertidumbre del cumplimiento del cronograma y disminuir costos a través de la reducción de los desperdicios de obra.	
<b>Objetivos específicos de la Utilización del BIM en el proyecto</b>	
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Usos BIM relacionados</b>
Mejor comprensión de la planificación por parte del propietario y los participantes del proyecto. Integrar a la planificación los recursos humanos, equipo y materiales con el modelo BIM para planificar mejor y estimar los costos del proyecto. Identificar y resolver los conflictos de espacios durante el proceso constructivo. Mejorar la supervisión de adquisición de recursos del proyecto. Comunicar las complejidades del proyecto y apoyar la realización de análisis adicionales.	Planificación de fases
Mejorar la coordinación geométrica con las demás especialidades.	Análisis estructural
Evaluar de manera rápida, precisa y confiable las cantidades y costos. Explorar las diferentes opciones de diseño dentro del presupuesto del propietario.	Estimación de cantidades y costos
Reducir la posibilidad de errores de diseño establecidos por norma. Reducir el tiempo de respuesta de revisión por parte de funcionarios municipales.	Validación normativa
Mejorar la coordinación geométrica con las demás especialidades.	Otros análisis de ingeniería

### 3.1.4. Contactos para el desarrollo de los usos BIM

<b>Roles y responsabilidades</b>				
<b>Uso BIM</b>	<b>Empresa</b>	<b>Persona Responsable del uso BIM</b>	<b>Rol BIM</b>	<b>Correo electrónico</b>
Levantamiento de condiciones existentes	GESTION BIM	CHRISTIAN CERRUTO	Modelado	<a href="mailto:chricerruto@gmail.com">chricerruto@gmail.com</a>
Estimación de cantidades y costos	COSTES BIM	ARIEL CHOQUE	Modelado	<a href="mailto:ariel.c.consultor@gmail.com">ariel.c.consultor@gmail.com</a>
Planificación de fases	CONSTRUCTORA BIM	GASTON MASCO	Modelado	<a href="mailto:ricargciv@gmail.com">ricargciv@gmail.com</a>
Coordinación 3D	GESTION BIM	CHRISTIAN CERRUTO	Modelado	<a href="mailto:chricerruto@gmail.com">chricerruto@gmail.com</a>
Diseño de especialidades	GESTION BIM	CHRISTIAN CERRUTO	Modelado	<a href="mailto:chricerruto@gmail.com">chricerruto@gmail.com</a>
Revisión del diseño	GESTION BIM	CHRISTIAN CERRUTO	Modelado	<a href="mailto:chricerruto@gmail.com">chricerruto@gmail.com</a>
Análisis estructural	ESTRUCTURAS BIM	GASTON MASCO	Modelado	<a href="mailto:ricargciv@gmail.com">ricargciv@gmail.com</a>
Diseño de especialidades: Análisis de instalaciones sanitarias	MEP BIM	ARIEL CHOQUE	Modelado	<a href="mailto:ariel.c.consultor@gmail.com">ariel.c.consultor@gmail.com</a>
Planificación de obra	CONSTRUCTORA BIM	GASTON MASCO	Modelado	<a href="mailto:ricargciv@gmail.com">ricargciv@gmail.com</a>

### **3.1.5. Roles BIM**

#### **3.1.5.1. Gestor BIM o BIM Manager**

El Gestor BIM o BIM Manager desarrolla las siguientes funciones:

- Liderar la planificación, desarrollo y administración de los RRHH y tecnológicos para la implementación de la metodología BIM en el proyecto.
- Define los siguientes aspectos
  - El entorno de modelación.
  - Estándares que se usaran.
  - Modelos que se crearan.
  - Como se vinculan los modelos entre sí.
  - Como se ordena y organiza la información de los modelos.
  - La configuración de la infraestructura de TI y los protocolos de comunicación.
- Establece un cronograma para las entregas
- Organiza reuniones de equipo BIM
- Es el punto de contacto para el (los) gerentes (s) del proyecto y coordinadores BIM.

#### **3.1.5.2. Coordinador BIM**

El Coordinador BIM desarrolla las siguientes funciones:

- Desarrolla los el proceso de integración y flujo de información entre los diferentes actores.
- Valida e integra modelos de distintas especialidades.
- Prevé conflictos y concilia soluciones.
- Se comunica con los especialistas para recopilar información y asegurar la correcta modelación del diseño.
- Organiza sesiones de coordinación entre diciplinas.
- Configura el entorno de modelación para desarrollar las entregas según lo especificado en el PEB.



### 3.1.6.2. Procesos de intercambio de información

- **Trabajo en progreso:** Información en desarrollo por su autor, no siendo visible ni accesible a nadie más. Es el trabajo desarrollado en el Archivo Local de cada autor.
- **Compartido:** Información aprobada para compartir con los otros autores. Es el trabajo sincronizado del Archivo Local al Archivo Central en el CDE.
- **Publicado:** Información autorizada para su uso mediante la revisión de los modelos por el Revisor BIM.
- **Archivado:** Aplica a la información que se ha compartido y publicado y que queda registrada.

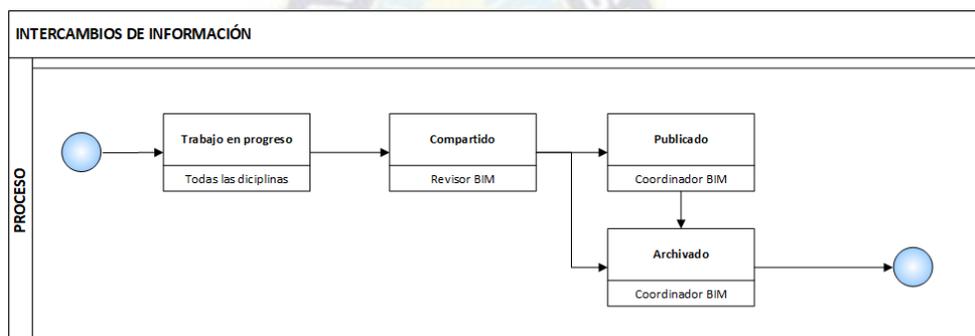


Figura 12. Proceso de intercambios de Información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.6.3. Mapa de procesos de los usos BIM Nivel 1

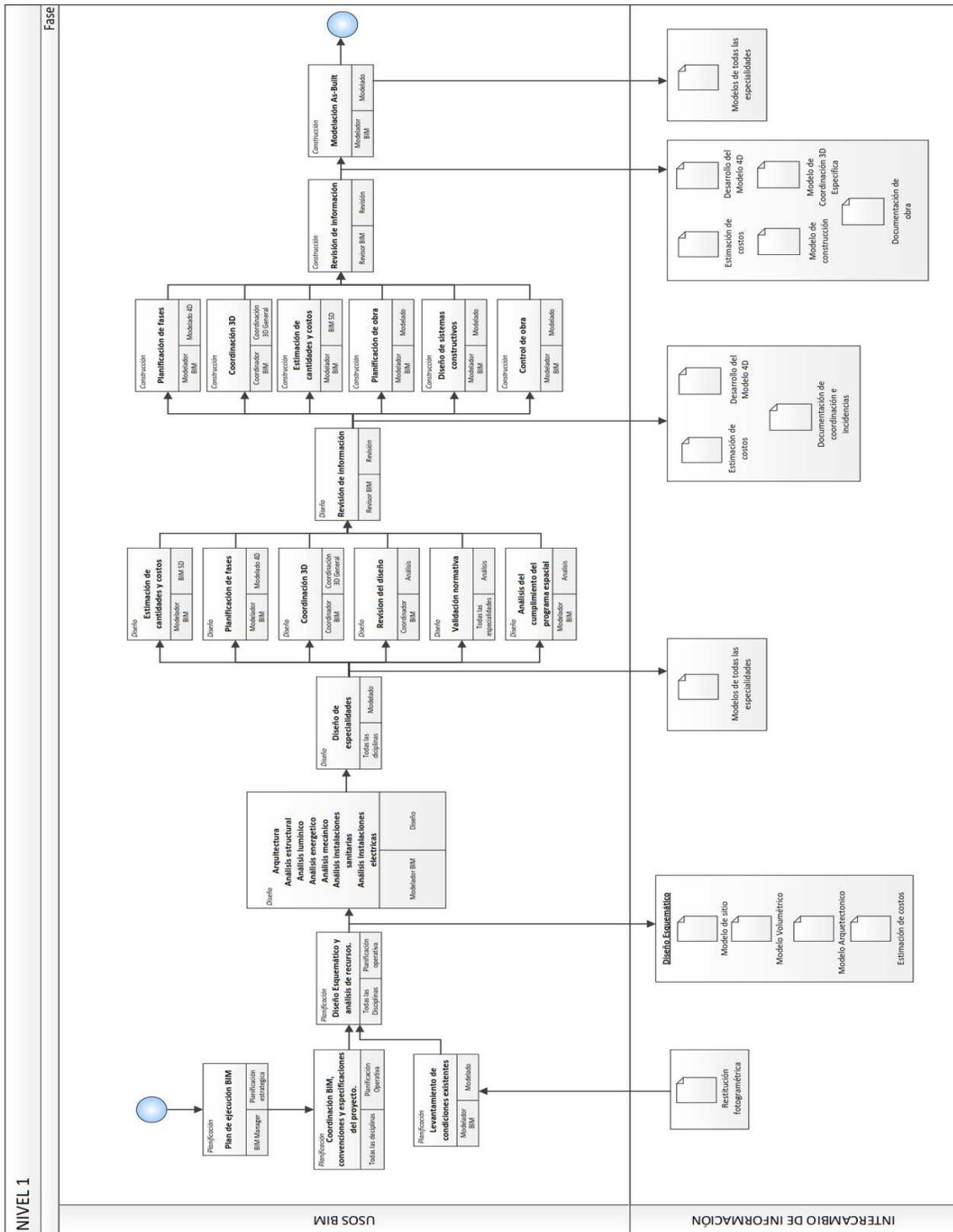


Figura 13. Relación entre usis BIM - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.6.4. Mapa de procesos de usos BIM nivel 2

#### 3.1.6.4.1. Coordinación 3D

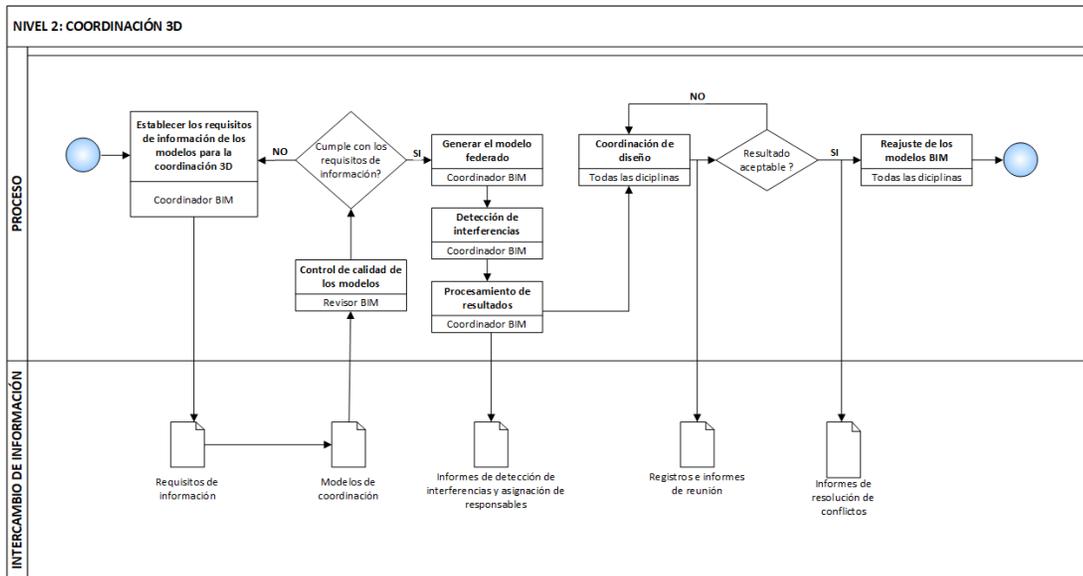


Figura 14. Mapa de procesos para la coordinación 3D - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

#### 3.1.6.4.2. Planificación de Fases (BIM 4D)

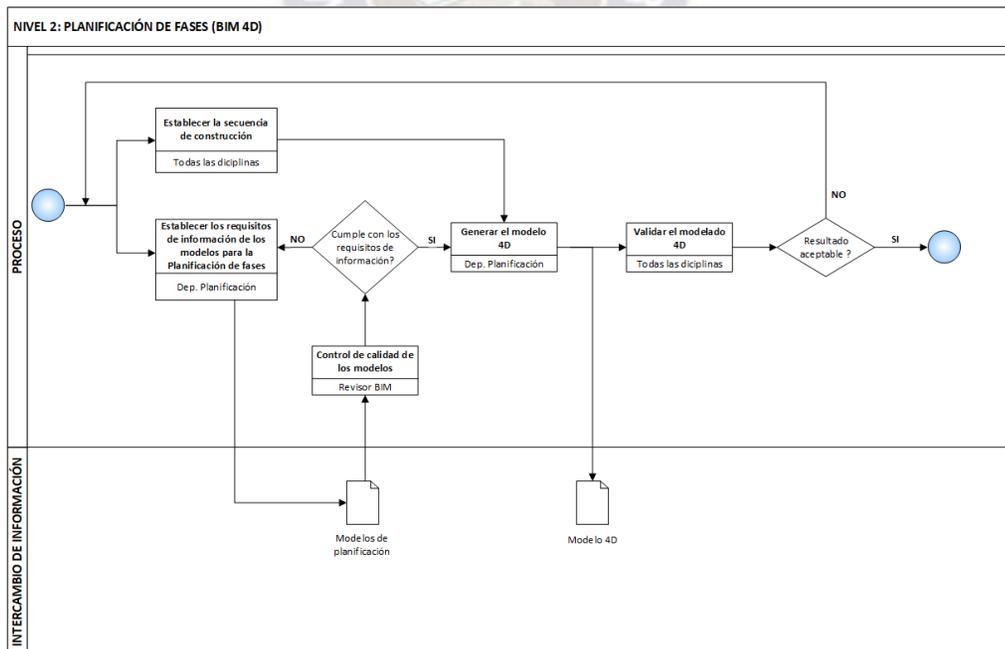


Figura 15. Mapa de procesos para la planificación de fases (BIM 4D) - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.6.4.3. Estimación de cantidades y costos (BIM 5D)

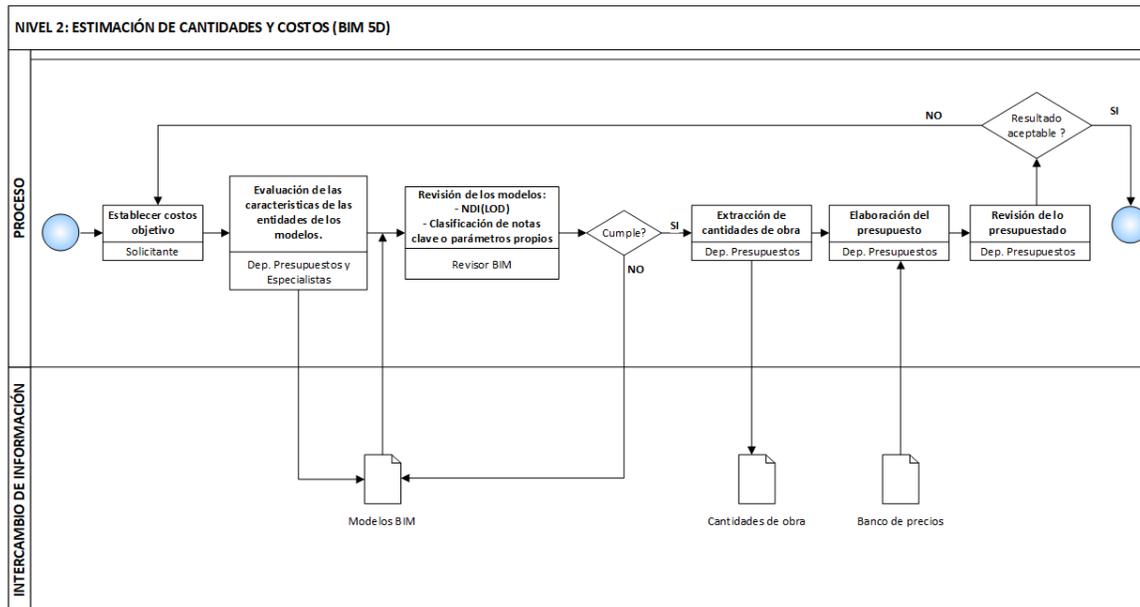


Figura 16. Mapa de procesos para la estimación de cantidades y costos (BIM 5D) - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.7. Entregables BIM

#### 3.1.7.1. Modelos BIM solicitados y sus formatos

Modelo BIM	Sistema BIM	Empresa responsable del modelo	Formato nativo	Formato de intercambio entre proveedores	Resp. control de calidad
Sitio	Revit	Gestión BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Volumétrico	Revit	Arquitectura BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Arquitectura	Revit	Arquitectura BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Estructura	Revit	Estructuras BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Sanitario	Revit	MEP BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Gas	Revit	MEP BIM	.rvt	.ifc	Gestión BIM
Coordinación	Navisworks	Gestión BIM	.nwd	.ifc	Gestión BIM
Construcción	Syncro	Constructora BIM	.sp	.ifc	Gestión BIM

### 3.1.7.2. Entidades requeridas para cada tipo de modelo

MODELOS BIM Y SOFTWARE DE INTEROPERABILIDAD		FAMILIAS	EJES	TERRENO	FUNDACIONES	ZONAS/ESPACIOS	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS	MUROS	MURO CORTINA	VENTANA	PUERTAS	CUBIERTAS	CIELO FALSO	ESCALERAS	EQUIPOS E INSTALACIONES	MUEBLES	ESTRUCTURAS ESPECIALES	EQUIPAMIENTO Y TABLEROS MEP	DISTRIBUCION Y TUBERIAS MEP			
SITIO	Revit			•		•				*														
VOLUMETRICO	Revit			•		•																		
ARQUITECTURA	Revit		•	•	•	•	•	*	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*			
ESTRUCTURA	Revit		•	•	•		•	•	•	•	*			•		•				•				
MEP	INST PLOMERIA	Revit															*				•	•		
	INST ELECTRICA																							
	INST MECANICAS																							
COORDINACION	Navisworks		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	*	•	•	•	•		
CONSTRUCCION	Revit		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		

Figura 17. Entidades mínimas requeridas para cada tipo de Modelo - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.7.3. Niveles de Información

- NDI-1 Información inicial general: Información inicial, que puede ser estimativa, acerca de área, altura, volumen, localización y orientación de los elementos generales.
- NDI-2 Información básica aproximada: Información básica del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación de los sistemas y elementos generales y su ensamblaje.
- NDI-3 Información detallada: Información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.
- NDI-4 Información detallada y coordinada: Información detallada y coordinada respecto del tamaño, forma, localización, cantidad, orientación e interacción entre los sistemas de construcción y sus elementos de montaje específico.

### 3.1.7.4. Niveles de información para cada estado de avance de la información

EAIM	Entidades de Modelos	Ejes	Terreno	Elementos civiles	Elementos Geográficos	Fundaciones	Zonas/Espacios	Columnas	Vigas	Losas / Radier	Muros	Muros Cortina	Ventanas	Puertas	Cubiertas / Techumbre	Cielos Falsos/Acabados	Sistemas de circulación/Escaleras/Plampas	Equipos e Instalaciones	Muebles	Estructuras especiales	Equipamiento y Tableros MEP	Distribución y Tuberías MEP
Información de Planificación	DC Diseño Conceptual	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
Información de diseño	DA Diseño Anteproyecto	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1
	DB Diseño Básico	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	NDI-1	NDI-2	NDI-2
	DD Diseño de Detalle	NDI-3	NDI-2	NDI-3	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-3
Información de construcción	CC Coordinación de Construcción	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-4	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-4	NDI-3	NDI-3	NDI-4	NDI-4

Figura 18 Niveles de Información para cada estado de avance de la información - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.7.5. Estado de avance de información de los modelos BIM para cada entrega

EAIM para cada entrega									
Torre San Antonio	ENTREGA 01	ENTREGA 02	ENTREGA 03	ENTREGA 04	ENTREGA 05	ENTREGA 06	ENTREGA 07	ENTREGA "8"	ENTREGA "9"
Modelos BIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM	EAIM
Sitio	DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	AB As-built
Volumétrico	DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	AB As-built
Aquitectura y/o Diseño de Infraestructura	DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	AB As-built
Estructural		DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	AB As-built
Mecánico Eléctrico Sanitario (MEP por sus siglas en inglés)			DC Diseño Conceptual	DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	AB As-built
Coordinación			DA Diseño Anteproyecto	DB Diseño Básico	DB Diseño Básico	DD Diseño de Detalle	CC Coordinación de Construcción	CM Construcción, Manufactura y Montaje	

Figura 19. Estado de avance de información de los modelos BIM para cada entrega - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.7.6. Documentos solicitados y sus formatos

Los documentos solicitados estarán conformados por los modelos BIM y documentos relacionados.

Los modelos deberán ser entregados en los siguientes formatos:

- Modelos en formatos nativos (.rvt)
- Modelos en formatos abiertos (.ifc)
- Modelos de coordinación (.nwd)
- Los documentos relacionados deberán provenir de los modelos
- Planos 2D en DXF (planta, alzados, cortes, elevaciones, detalles)

Cómputos métricos en formato XLS.

### 3.1.8. Estrategia y plataformas de colaboración

#### 3.1.8.1. Entorno de datos compartidos (CDE)

El CDE utilizado está conformado por una sola plataforma			
Si	No	X	
<b>Plataformas y formatos del Entorno de Datos Compartidos</b>			
Entorno de Datos Compartidos (CDE):			
<b>Plataforma de colaboración</b> Esta plataforma debe permitir trabajar con información unificada y centralizada, administrando y respaldando los modelos BIM de manera segura		<i>Google Drive</i>	
<b>Plataforma de gestión documental</b> Esta plataforma debe permitir el control de los procesos de intercambio de documentación y modelos BIM, gestionando los cambios y haciendo el seguimiento de los costos y tiempos del proyecto		<i>Google Drive</i>	
<b>Formato de requerimientos de información y colaboración</b> Los comentarios, incidencias y revisiones de los modelos BIM		<i>BIM Collab BCF</i>	

#### 3.1.8.2. Consolidación de los modelos.

Solo serán consolidadas los modelos de Coordinación y Construcción mediante la estrategia de modelo BIM Federado.

Los modelos BIM de las disciplinas mostradas en el apartado 3.1.7.1 exceptuando el modelo de Coordinación y Construcción no tendrán consolidación alguna ya que serán desarrolladas de manera independiente y solo interactuarán a través de vínculos.

### 3.1.8.3. Procedimiento de reuniones.

Tipo de Reunión	Etapas del Proyecto	Especialidades que participan	Frecuencia de reuniones *	Ubicación	Modalidad	Tipo de respaldo
Presentación del PEB	Entrega 01	BM CB	Día por medio	En gabinete	Online	Archivo de texto
Coordinación BIM convenciones del proyecto y especificaciones	Entrega 02	BM, BC, ARQ, EST, SAN, TOP, ELE, MEC	Día por medio	En gabinete	Online	Archivo de texto
Coordinación del diseño	Entrega 03-08	Todas las especialidades	Semanal o según requerimiento	En gabinete	Online	Archivo en formato (.nwd)

(\*) La cantidad y frecuencia de las reuniones puede cambiar en virtud de la dinámica del proyecto

### 3.1.9. Organización de los modelos

#### 3.1.9.1. Estructuración de los modelos BIM

Unidades que utilizará para el desarrollo de los modelos		Coordenadas que se utilizarán para todos los modelos			
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Las unidades serán en metros con dos (2) decimales de forma general</li> <li>· Según requiera cada especialidad se utilizará (3) decimales de precisión como máximo</li> </ul>		El punto base de proyecto tendrá la coordenada <b>WGS 84 / UTM zona 19S</b> · E 595215,504 · N 8175912,228 · Z 3773,273 en relación al <b>punto de reconocimiento</b>			
*Sistema de subdivisión de los modelos					
Modelos BIM	Por Edificio	Por Pisos	Por Zonas	Por Área	Por Disciplina
Sitio					
Volumétrico					
Arquitectura					
Estructura					
Sanitario (Sistema hidrosanitario)					
Gas					
Coordinación					
Construcción					

\*No será necesario ningún sistema de subdivisión de modelos

#### 3.1.9.2. Nomenclatura de los archivos BIM

La nomenclatura de archivos estará regida por lo indicado en el Estándar BIM Para Proyectos Públicos.

**Tabla 11. Nombres de archivos y carpetas**

Campo	Descripción	Carpeta	Archivo
Proyecto	Se debe definir un código único de proyecto al inicio de éste, independiente y distinto del número de trabajo interno que tenga la organización. Se recomienda que éste coincida con algún código de contrato existente. El código para el proyecto y cualquier subproyecto debe ser de dos a seis caracteres.	PR1	PR1
Organización	Se debe definir un código único para la organización solicitante. Éste debe ser de tres a seis caracteres.		ABC
Disciplina o sistema	Se debe indicar un código para cada disciplina o sistema dentro del proyecto (Tabla 13). Este código debe ser de tres caracteres.		ARQ
Zona	Se debe indicar un código para la zona de la edificación o infraestructura al cual pertenece el archivo. Éste debe ser de uno a dos caracteres. Nota: Cuando un archivo representa todas las zonas de una edificación o infraestructura debe indicarse como: · ZZ: Todas las zonas		Z1
Nivel o ubicación	Se debe definir un código único para cada nivel si es una edificación y para cada localización si es una infraestructura. Este código debe ser de dos caracteres. · ZZ: Niveles múltiples · XX: No hay nivel aplicable · 01: Piso 1 · 02: Piso 2, etc. · E1: Entrepiso por encima del nivel 01 · E2: Entrepiso por encima del nivel 02, etc. · S1: Subterráneo 1 · S2: Subterráneo 2, etc.		01
Tipo de documento	Se debe indicar un código único para cada tipo de documento (Tabla 12). Este código debe ser de dos caracteres.		MO
Número (opcional)	Cuando un archivo pertenece a una serie que no se distingue por ninguno de los campos anteriores se debe indicar un número secuencial. Este código debe ser de cuatro dígitos.		0001
Descripción (opcional)	El texto descriptivo puede utilizarse para expresar distinciones que permitan el reconocimiento entre documentos. Este texto debe ser corto y preciso en su redacción.		Puertas
Estatus (opcional)	Los códigos de identificación y gestión del estatus de las carpetas y de los archivos pueden seguir lo indicado en la sección de Estatus del Entorno de Datos Compartidos (5.8.1.1). Este código debe ser de uno a tres caracteres. · T: Trabajo en progreso · C: Compartido · P: Publicado · A: Archivado	C	C
Revisión (opcional)	Las carpetas y los archivos pueden indicar la versión de revisión de la información contenida. Este código debe ser de uno a dos caracteres y deben ser asignados de manera secuencial.	A	A
<b>Resultado carpeta: PR1-C-A</b>			
<b>Resultado archivo: PR1-ABC-ARQ-Z1-01-MO-0001-C-A</b>			

Elaborada por Planbim, basado en la norma ISO 19650-2: 2018

Figura 20. Nombre de archivos y carpetas - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

**Tabla 12. Códigos de documentos**

Sigla	Documento
CO	Corte
CV	Circulaciones verticales con sus detalles
DE	Detalles exteriores
DH	Detalles zonas húmedas
DI	Detalles interiores
DP	Detalles de planta generales
EL	Elevaciones (interiores y exteriores)
ES	Escantillón
ET	Especificaciones técnicas
GE	Generalidades y notas generales respecto al proyecto
ME	Memoria (arquitectónica, de cálculo, entre otros)
MO	Modelos
PC	Plantas de cielo
PL	Planta
PM	Plan maestro
PO	Programa oficial
PT	Presupuesto
TP	Trabajos previos (demolición, trabajos de sitio, instalación de faenas, trabajos)

*Elaborada por Planbim*

Figura 21. Código de documentos - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

### 3.1.9.3. Nombre de los modelos BIM

Nombre de archivo de los modelos BIM	
Modelo BIM	Nombre
Sitio	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt
Volumétrico	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO.rvt
Arquitectura	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.rvt
Estructura	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO.rvt
Sanitario	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.rvt
Gas	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.rvt
Coordinación	TSA-PRIV-COR-ZZ-ZZ-MO.rvt

### 3.1.9.4. Estructura de carpetas

Estructura de carpetas para el alojamiento de archivos establecida en el Entorno de Datos Compartidos (CDE). Esta podrá ser aumentada según requerimiento.



Figura 22. Estructura de carpetas en el CDE - Fuente: Proyecto de grado-Desarrollo de un Plan de Ejecución BIM para un edificio de 10 niveles

### 3.1.9.5. Código y colores por disciplinas y/o sistemas

Los códigos de colores en los modelos estarán regidos por lo indicado en el Estándar BIM Para Proyectos Públicos.

**Tabla 13 - Códigos y colores por disciplina y/o sistema**

Disciplina	Sigla	Color	R	G	B
Arquitectura	ARQ				
Audio y Acústica	ACU				
Audio	AUD		190	120	10
Acústica	ACU		230	230	30
Cálculo estructural	EST		165	165	165
Carga combustible	CCB				
Redes de combustible	RCB		255	255	0
Escape de gases	EDG		255	215	0
Circuito cerrado de TV	CTV		230	160	0
Climatización	CLI				
Inyección de aire	INY		230	30	100
Extracción de aire	EXT		135	15	80
Retorno de aire	RET		155	40	175
Aire fresco	FRE		215	0	250
Refrigerante	REF		100	60	180
Equipos	EQU		100	30	255
Evacuación condensación	CON		80	110	255
Control centralizado	CCT		30	150	240
Electricidad	ELE				
Fuerza	FRZ		105	160	55
Corrientes débiles	COD		120	255	0
Alumbrado	ALU		205	220	55
Voz y datos	VOD		200	255	0
Extracción de Basura	BAS		110	210	75
Iluminación	ILU		75	175	80
Obras civiles	OCV		55	85	35
Protección contra incendio	PCI				
Detección de incendio	DET		255	20	70
Extinción de incendio	EXT		0	175	255
Red húmeda	RHU		230	60	50
Red seca	RSE		215	165	70
Radlocomunicación	RAD		0	230	255
Redes de gases clínicos	RGC				
Gases clínicos	GCL		100	255	220
Red de aire comprimido	RAC		0	150	135
Residuos clínicos	RCL		0	230	120
Sanitario	SAN				
Agua caliente	ACA		255	60	0
Agua fría	AFR		65	195	255
Aguas negras	ANE		50	65	160
Aguas grises	AGR		125	30	160
Aguas tratadas	ATR		195	25	90
Aguas lluvias	ALL		255	85	35
Riego	RIE		120	85	70
Suministro de gas	GAS		255	235	60
Tecno vigilancia	TVG		115	115	115

Elaborada por Planbim

Figura 23. Código de colores por disciplina y/o sistema - Fuente: Estándar BIM Para Proyectos Públicos de Plan BIM Chile

### 3.1.10. Control de calidad de los modelos

Tipo de informe	Objetivo	Apartado de Revisión	Medio	Frecuencia	Responsable del informe	Receptores del informe
Control de calidad de los modelos	Verificar los requisitos mínimos para el correcto modelado	Apartado General	Entorno de datos compartidos	Semanal	Revisor BIM	Coordinador BIM
Control de calidad de los modelos	Asegurar el cumplimiento del PEB y protocolos del proyecto	Todos los apartados	Entorno de datos compartidos	Mensual	Revisor BIM	BIM Manager Coordinador BIM
Control de calidad de los modelos previo a cada entrega	Asegurar la calidad de los entregables	Todos los apartados	Entorno de datos compartidos	Según Matriz de responsabilidades	Revisor BIM	BIM Manager Coordinador BIM

## 3.2. ENTORNO DE DATOS COMPARTIDOS (CDE)

Según lo especificado en el Plan de Ejecución BIM, el entorno de datos compartidos estará conformado por las plataformas de colaboración y gestión documental en Google Drive y El formato de requerimientos de información y colaboración en BIM Collab.

### 3.2.1. Creación de las plataformas de colaboración y gestión documental

Para este fin, los actores del proyecto deberán tener cuentas específicas en Gmail y tener la extensión de Google Drive instalada en sus ordenadores. También, cada actor del proyecto deberá crear una carpeta en el disco local C con el nombre del proyecto, en este caso se utilizó el nombre de “PROYECTO-BIM”. Esta carpeta deberá sincronizarse con Mi Portátil en las preferencias de la extensión de Google Drive.

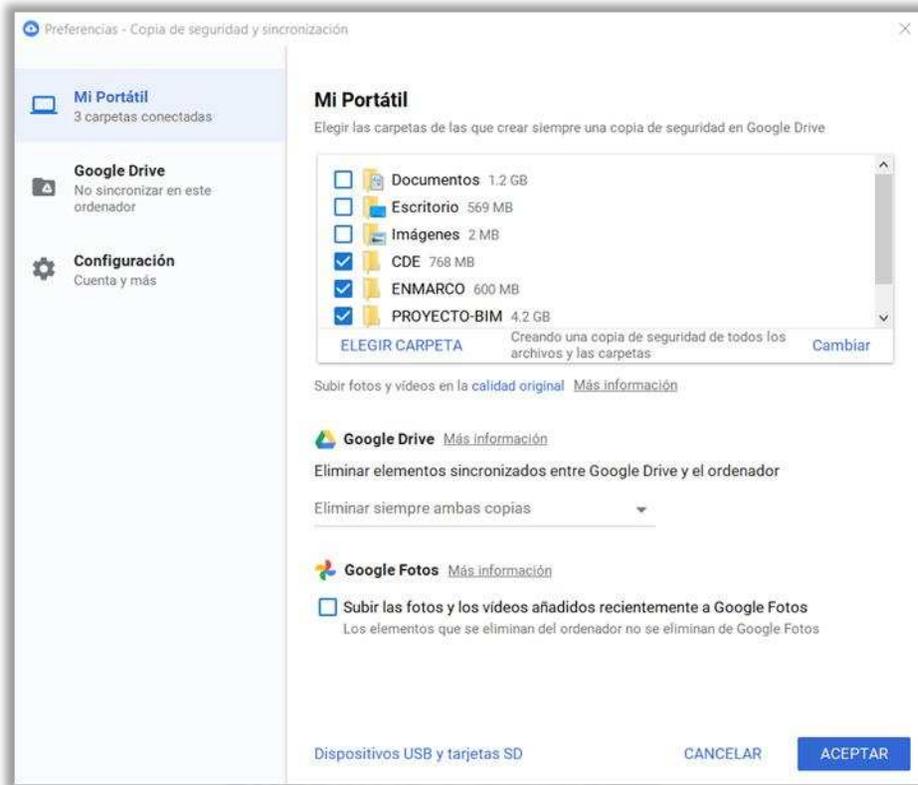


Figura 24. Extensión de Google Drive para ordenador - Fuente: Elaboración propia

El coordinador BIM será el encargado de crear la estructura de carpetas dentro de la plataforma Google Drive cumpliendo lo especificado en el Plan de Ejecución BIM, tal como especifica la Figura 22.

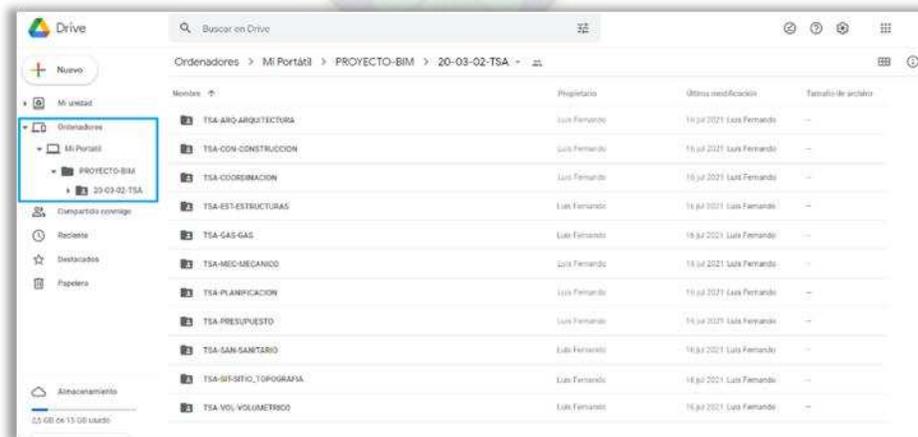


Figura 25. Estructura de carpetas en el CDE dentro de la plataforma Google Drive - Fuente: Elaboración propia

El coordinador BIM compartirá la carpeta del proyecto “20-03-02-TSA” a los demás actores del mismo y estos a su vez anidarán la carpeta compartida en la dirección marcada de la figura anterior.

### 3.2.2. Creación de la plataforma para el formato de requerimiento de información y colaboración

Cada actor del proyecto deberá crear un usuario en la plataforma bimcollab.com e instalar la extensión “BCF Manager for Revit” versión 2019 que se encuentra en la misma plataforma.

El coordinador BIM creará el proyecto dentro de BIM Collab y añadirá a los actores en el mismo.



Figura 26. Plataforma BIMCollab - Fuente: Elaboración propia

Instalada la extensión dentro del programa Revit, los actores del proyecto deberán iniciar sesión dentro de la misma para gestionar las incidencias dentro del proyecto.

### 3.2.3. Archivos centrales y copias locales

El archivo central será un proyecto en Revit, anidado en el Entorno de Datos Compartidos (CDE), la creación y configuración inicial del mismo será en base al Plan de Ejecución BIM.

La creación del modelo central conlleva los siguientes procesos:

- Creación del proyecto en Revit a partir de la plantilla correspondiente del modelo.
- Activar la colaboración del proyecto, anidarlo en el CDE y generar el modelo central.

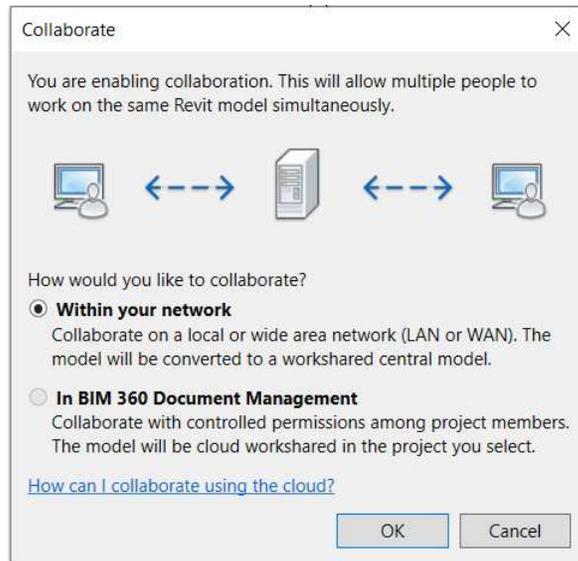


Figura 27. Opciones de colaboración del modelo en Revit - Fuente: Elaboración propia

Se creará una copia local del archivo central el cual será ubicado en el ordenador de los responsables del modelo BIM respectivo.

Se establecerá el punto base del proyecto especificado en el PEB

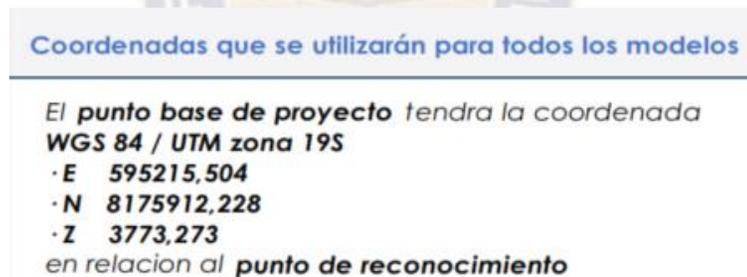


Figura 28. Coordenadas del punto base del proyecto - Fuente: Elaboración propia

### 3.3. DISEÑO, MODELADO Y FLUJOS DE TRABAJO

#### 3.3.1. MODELO DE SITIO

##### 3.3.1.1. Flujo de trabajo modelo de sitio

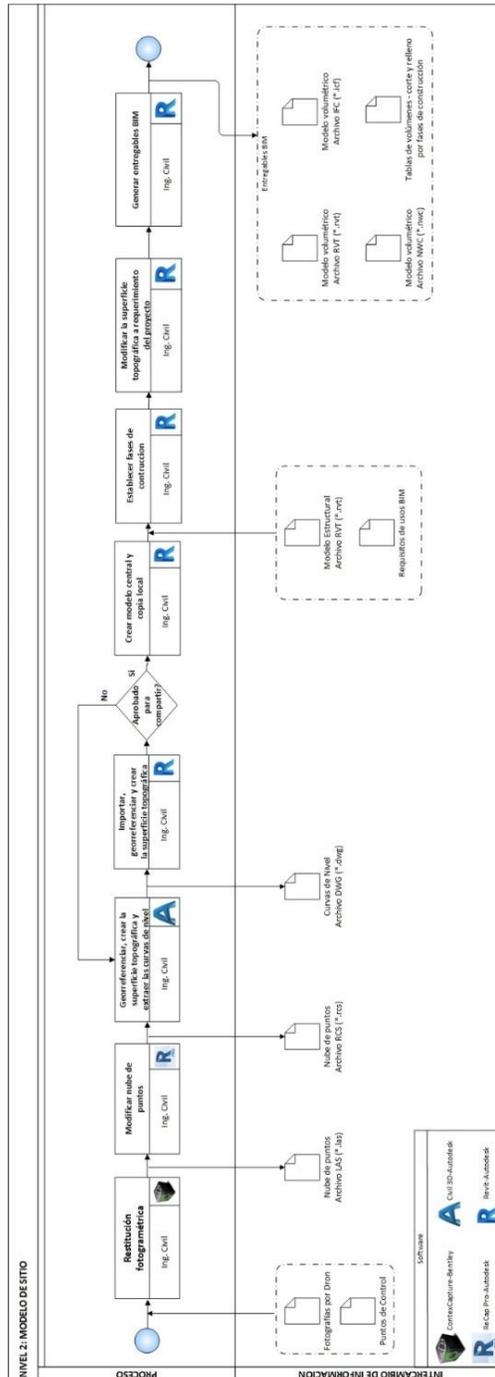


Figura 29. Flujo de trabajo para la creación del modelo de sitio - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.2. Restitución fotogramétrica

#### 3.3.1.2.1. Ubicación del terreno

El terreno se encuentra ubicado en la zona Alto San Antonio/Av. 18 de mayo en la ciudad de La Paz.



Figura 30. Ubicación del terreno mediante Google Earth - Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.1.2.2. Plan de Vuelo

Con el Dron DJI Phantom y mediante sus aplicaciones DJI 4.0 y Pix4DCapture, se realizó el plan de vuelo para la toma de fotografías aéreas.



Figura 31. Plan de vuelo - Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.1.2.3. Puntos de Control

Los puntos de control fueron levantados mediante una estación total y georreferenciados a partir de la red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz.

Tabla 1. Puntos de la Red Geodésica del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz WGS84/UTM zona 19S – Fuente: Elaboración Propia

	Este	Norte	Altura
M83	595244.0050	8175938.2690	3783.8180
M84	595163.6580	8175917.0020	3766.7020

Se levantaron 5 puntos de control los cuales fueron colocados y marcados en el terreno para que estos puedan ser visible en las fotografías aéreas.



Figura 32. Puntos de control marcados en el terreno - Fuente: Elaboración propia

Los puntos de control obtuvieron las siguientes coordenadas con el levantamiento por estación total.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de control. WGS84/UTM zona 19S - Fuente: Elaboración Propia

Punto de Control	Este	Norte	Altura
PC1	595215.504	8175912.228	3773.273
PC2	595220.897	8175891.137	3777.632
PC3	595220.879	8175878.462	3780.445
PC4	595227.158	8175894.868	3783.383
PC5	595231.335	8175910.792	3783.429

#### 3.3.1.2.4. Vuelo del Dron

El despegue y vuelo del dron se realizó a unos 200 metros del terreno, esto para tener una mejor visibilidad de la nave.



Figura 33. Despegue y vuelo del Dron DJI Phantom - Fuente: Elaboración propia

Se obtuvieron 173 fotografías aéreas georreferenciadas para la restitución fotogramétrica.

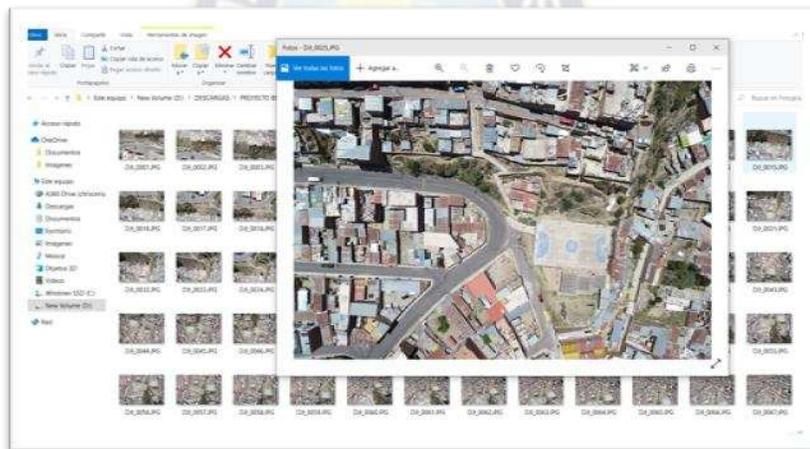


Figura 34. Fotografías aéreas georreferenciadas por Dron - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.2.5. Restitución fotogramétrica mediante el software ContextCapture

En el software ContextCapture de la línea de Bentley, se creó un nuevo proyecto y se procesaron las fotografías mediante los siguientes pasos:

- **Añadir fotografías aéreas al software.**

El software requiere de las fotografías aéreas en orden cronológico al que fueron tomadas. Las imágenes deben estar georreferenciadas, esto se puede verificar en las propiedades del archivo.

- **Introducción de las coordenadas de los puntos de control.**

Se introducirán las coordenadas de los 5 puntos de control en la base de datos del software.

- **Asignación de los puntos de control a las fotografías**

Cada punto de control debe ser ubicado de manera manual en por lo menos 3 fotografías.

Se requiere como mínimo 3 puntos de control para el procesamiento.

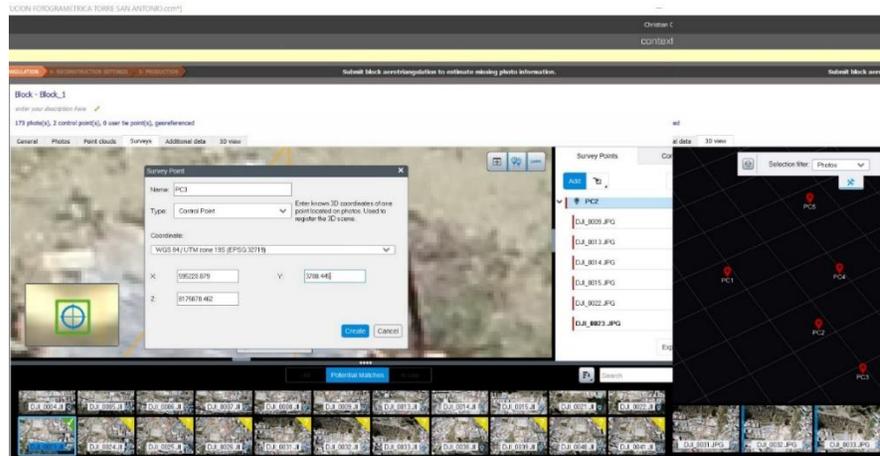


Figura 35. Asignación de los puntos de control a las fotografías - Fuente: Elaboración propia

- **Proceso de aerotriangulación**

El programa realizará la aerotriangulación, la cual consiste en obtener las coordenadas de diversos puntos del terreno, esto con ayuda de las coordenadas de los puntos de control ubicados en el sitio.

- **Reconstrucción previa del modelo 3D**

Completada la aerotriangulación se generará un modelo en 3D muy básico, el cual nos permitirá apreciar alguna incoherencia en el modelo y también seleccionar un área en específico para la realización de la nube de puntos.

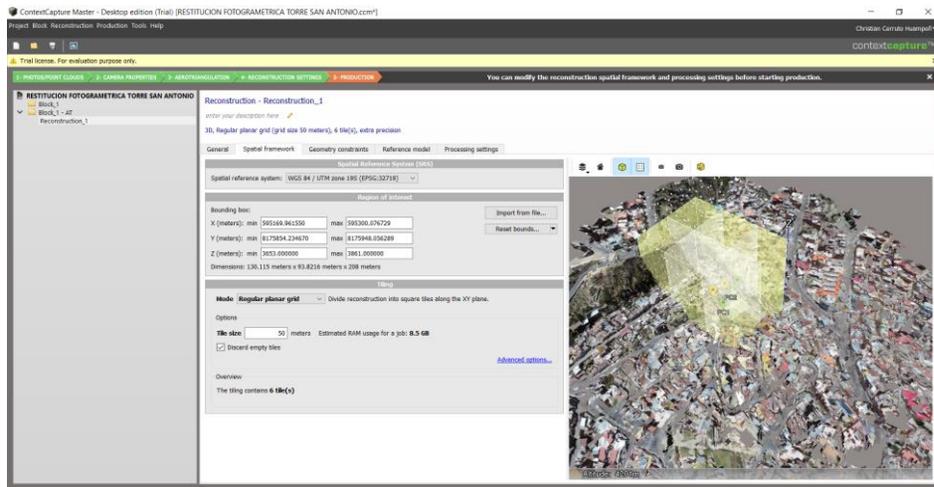


Figura 36. Reconstrucción del modelo 3D mediante aerotringulación - Fuente: Elaboración propia

- **Generación de la nube de puntos**

La nube de puntos fue exportada en el archivo LAS de LIDAR (\*.las). El formato LAS es un archivo binario que mantiene toda la información procedente del sistema LiDAR y conserva la misma según la propia naturaleza de los datos y del sistema de captura. El formato LAS permite el almacenamiento de información adicional junto con cada valor posicional x, y, z.



Figura 37. Nube de puntos - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.3. Modificar nube de puntos

Mediante el software ReCap Pro de la línea de Autodesk se procederá a la importación del archivo LAS y al reconocimiento y agrupación de puntos que representen árboles, arbustos o algún elemento diferente del terreno natural.



Figura 38. Agrupación de puntos ajenos al terreno natural en el software ReCap Pro - Fuente: Elaboración propia

Se exportará la nube de puntos en el formato de archivo RCS (\*.rcs) y se lo ubicará en el Entorno de Datos Compartidos (CDE).

### 3.3.1.4. Georreferenciar, crear la superficie topografía y extraer las curvas de nivel

En el programa Civil 3D de la línea de Autodesk, se importará la nube de puntos en formato RCS desde el entorno de datos compartidos, posteriormente se creará la superficie topográfica en base a esta nube.

El archivo debe tener la correcta georreferenciación, en este caso: UTM-WGS 84 datum, Zone 19 South, Meter; Cent. Meridian 69d W

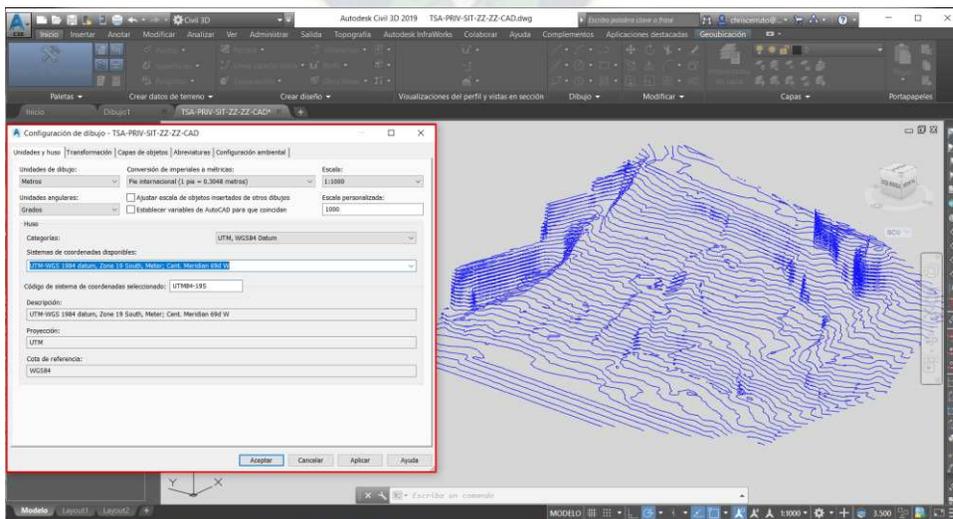


Figura 39. Curvas de nivel y configuración del dibujo en el software Civil 3D - Fuente: Elaboración propia

De la superficie topografía se extraerán solo las curvas de nivel y el archivo será guardado en el Entorno de Datos Compartidos en su formato DWG (\*.dwg).

Tabla 3. Ubicación del archivo CAD de la superficie topográfica - Fuente: Elaboración Propia

MODELO BIM	NOMBRE DE LA CARPETA	NOMBRE DEL ARCHIVO (.dwg)	UBICACION
SITIO	TSA-SIT-SIT	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-CAD	CDE

### 3.3.1.5. Importar, georreferenciar y crear la superficie topográfica en Revit

En el software Revit se vinculó el archivo TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-CAD.dwg el cual contine las curvas de nivel del terreno. Posteriormente:

- Se creo el subproyecto Terreno, en el cual estará ubicado la entidad superficie topográfica.
- Se generó la superficie topográfica en base a dichas curvas.
- Para la georreferenciación en Revit se adquirieron las coordenadas del vínculo de CAD.
- Se movió el punto base del proyecto según lo establecido en el plan de ejecución BIM (PEB). Este punto permite establecer una referencia para la medición de distancias y la colocación de objetos en relación con el modelo.
- Se emplazo la línea de propiedad y se determinó un área de lote de 376.045 m<sup>2</sup>

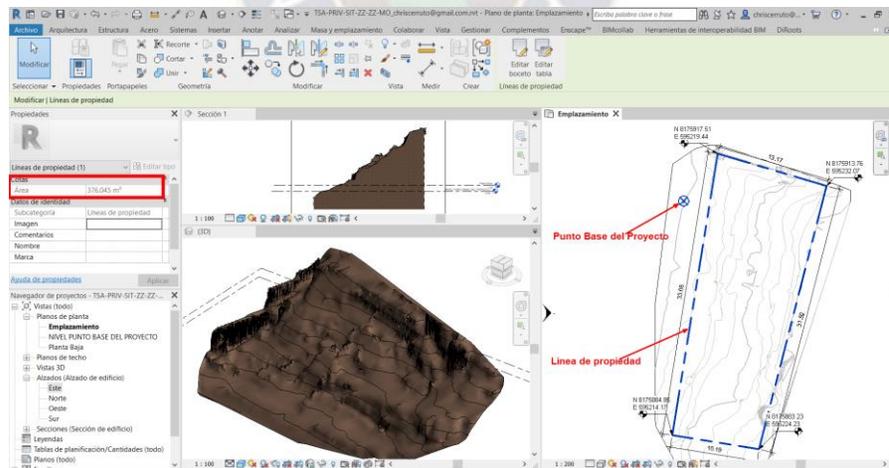


Figura 40. Superficie topográfica, punto base del proyecto y línea de propiedad en el software Revit - Fuente: Elaboración propia

El modelo estará en un Estado de Avance de la Información (EAIM) de Diseño Básico y en un Nivel de la Información NDI-2.

Tabla 4. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia

EAIM		Entidades de Modelos	Terreno
Información de diseño	DB Diseño Básico	NDI-2	

### 3.3.1.6. Crear el archivo central y copia local

Se procederá a crear el archivo central y copia local como lo indicado en el punto 3.2.3

Tabla 5. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia

Modelo BIM	Ubicación	Nombre de la carpeta	Tipo de archivo	Nombre del archivo (.rvt)
SITIO	CDE	TSA-SIT-SITIO	Archivo Central	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	Copia Local	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO_chricerruto.rvt

### 3.3.1.7. Establecer fases de construcción

En la copia local del modelo de sitio, se vinculó en modelo estructural el cual está ubicado en el CDE, esto para tomar las decisiones del movimiento de tierras y la creación de las fases de construcción.

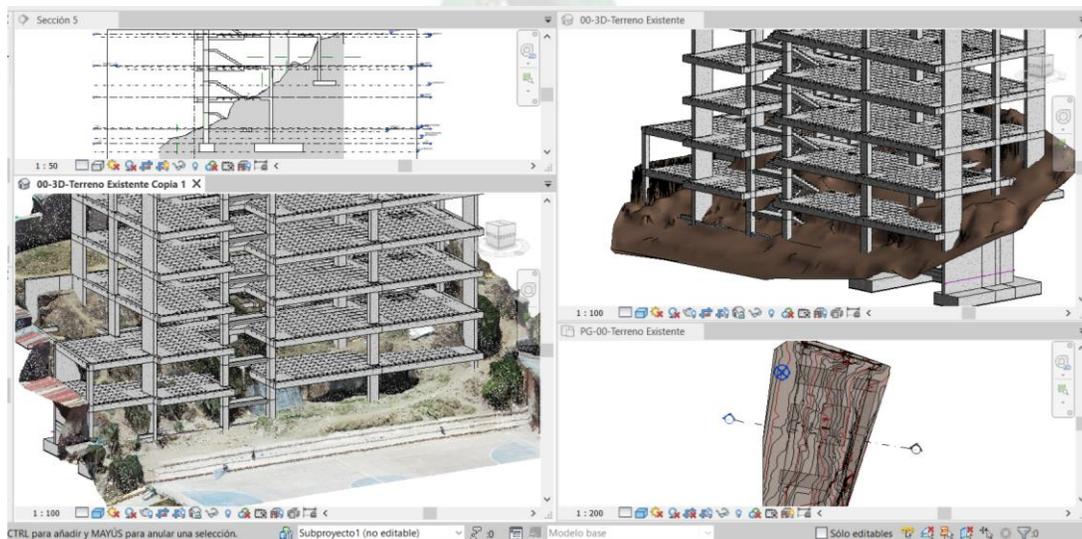


Figura 41. Diferentes vistas del vínculo del modelo estructural en el archivo local del modelo de sitio - Fuente: Elaboración propia

Muchos proyectos, como las renovaciones y movimiento de tierras se realizan por fases, cada una de las cuales representa un periodo de tiempo distinto en la vida del proyecto.

Se crearon 19 fases para el movimiento de tierras, basándose en excavaciones para nivelación, fundaciones y sobrecimientos, de la misma manera en rellenos para fundaciones y muros de contención.

PASADO	
Nombre	Descripción
4 Fase 3	Excavación para nivelación y relleno de fundaciones
5 Fase 4	Excavación para fundaciones
6 Fase 5	Relleno de fundaciones
7 Fase 6	Relleno de muros de contención
8 Fase 7	Excavación para nivelación
9 Fase 8	Excavación para fundaciones
10 Fase 9	Excavación para nivelación
11 Fase 10	Relleno de muros de contención
12 Fase 11	Excavación para nivelación
13 Fase 12	Excavación para fundaciones
14 Fase 13	Relleno de fundaciones
15 Fase 14	Relleno de muros de contención
16 Fase 15	Excavación para nivelación
17 Fase 16	Excavación para fundaciones
18 Fase 17	Relleno de fundaciones
19 Fase 18	Relleno de muros de contención
20 Fase 19	Excavación para tuberías de drenaje y sobrecimiento
FUTURO	

Figura 42. Fases de construcción para el movimiento de tierras - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.8. Modificar la superficie topográfica a requerimiento del proyecto

En base al modelo estructural y al uso BIM planificación de fases BIM 4D, se modificó la superficie topográfica agrupando y cambiando los puntos que conforman la superficie, creando así volúmenes de corte y relleno por fases de construcción.

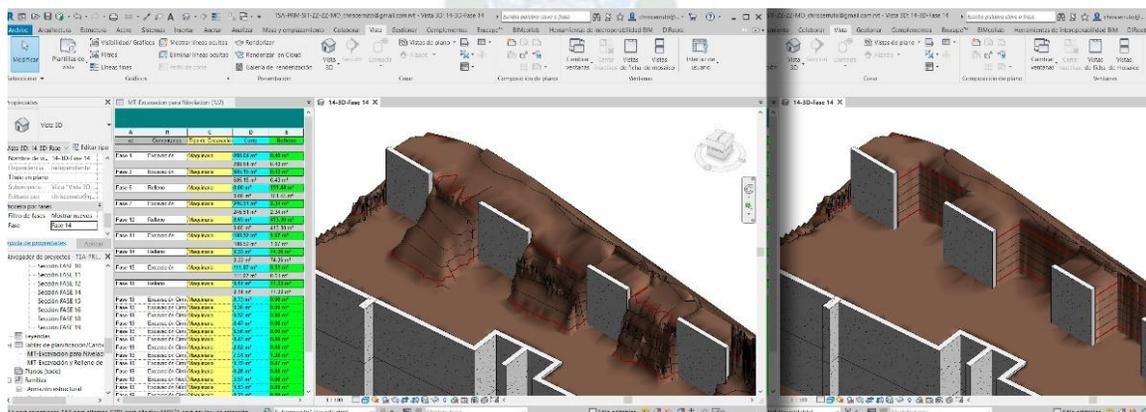


Figura 43. Movimiento de tierras por fase de construcción en el software Revit - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.1.8.1. Parámetros para el movimiento de tierras y tablas de cuantificación

Se introdujeron en el modelo los siguientes parámetros.

Tabla 6. Parámetros para el cálculo del movimiento de tierras - Fuente: Elaboración Propia

Factor de Esponjamiento	1.45
Factor de Compactación	0.70
Volumen Útil	70%

Mediante los parámetros, se calcularon en Revit los volúmenes de corte, relleno y material de acarreo como se muestra en las siguientes imágenes:

TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO\_chrisccerruto@gmail.com.rvt - Tabla de planificación: MT-Excavación para Nivelación (1/2)

<MT-Excavación para Nivelación (1/2)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
wt	Comentarios	Corte	Relleno	Factor Esponja	Factor de Compac	Volumen Suelto	Factor Util	Volumen Util m3	Volumen Desecho	Volumen Relleno	Volumen de Acarreo
Fase 1	Excavación	288.64 m³	0.40 m³	1.45	0.7	418.53	0.7	292.97	125.56	0.58	417.951106
Fase 3	Excavación	605.15 m³	0.43 m³	1.45	0.7	877.47	0.7	614.23	263.24	0.61	876.854023
Fase 6	Relleno	0.00 m³	151.44 m³	1.45	0.7	0.00	0.7	0.00	0.00	216.34	-216.343407
Fase 7	Excavación	246.51 m³	2.34 m³	1.45	0.7	357.44	0.7	250.21	107.23	3.34	354.102176
Fase 10	Relleno	0.65 m³	413.30 m³	1.45	0.7	0.95	0.7	0.66	0.23	590.43	-589.482001
Fase 11	Excavación	108.52 m³	1.67 m³	1.45	0.7	157.36	0.7	110.15	47.21	2.39	154.964645
Fase 14	Relleno	0.33 m³	74.36 m³	1.45	0.7	0.48	0.7	0.34	0.14	106.23	-105.750021
Fase 15	Excavación	111.07 m³	0.51 m³	1.45	0.7	161.06	0.7	112.74	48.32	0.73	160.330537
Fase 18	Relleno	0.14 m³	77.33 m³	1.45	0.7	0.20	0.7	0.14	0.06	110.47	-110.285932
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.73 m³	0.00 m³	1.45	0.7	1.06	0.7	0.74	0.32	0.00	1.162272
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.30 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.43	0.7	0.30	0.13	0.00	0.431729
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.52 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.75	0.7	0.52	0.22	0.00	0.749823
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.47 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.68	0.7	0.48	0.20	0.00	0.681423
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.56 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.82	0.7	0.58	0.24	0.00	0.821899
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.47 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.68	0.7	0.48	0.20	0.00	0.681546
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.42 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.60	0.7	0.42	0.18	0.00	0.602000
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 2	7.51 m³	1.20 m³	1.45	0.7	10.89	0.7	7.62	3.27	1.72	9.173564
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 2	0.79 m³	0.07 m³	1.45	0.7	1.15	0.7	0.80	0.34	0.10	1.042863
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.28 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.41	0.7	0.29	0.12	0.00	0.409958
Fase 19	Excavación Núcleo Ascensor	3.97 m³	0.00 m³	1.45	0.7	5.76	0.7	4.03	1.73	0.00	5.761311
Fase 19	Excavación Núcleo Ascensor	4.13 m³	0.00 m³	1.45	0.7	5.99	0.7	4.19	1.80	0.00	5.986036
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.23 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.34	0.7	0.24	0.10	0.00	0.336587
Fase 19	Excavación Cimiento-Sobrecimiento Nivel 0	0.30 m³	0.00 m³	1.45	0.7	0.43	0.7	0.30	0.13	0.00	0.433121
Fase 19	Excavación Cámara de inspección 1	0.95 m³	0.00 m³	1.45	0.7	1.38	0.7	0.97	0.41	0.00	1.382144
Fase 19	Excavación Cámara de inspección 2	0.96 m³	0.00 m³	1.45	0.7	1.40	0.7	0.98	0.42	0.00	1.389903
		30.20 m³	1.27 m³			43.80		30.66	13.14	1.82	41.975559
		1391.22 m³	723.05 m³			2017.27		1412.09	605.18	1032.94	984.335885

Figura 44. Cuantificación-Movimiento de tierras para la nivelación del terreno por fases de construcción - Fuente: Elaboración propia

TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO\_chrisccerruto@gmail.com.rvt - Tabla de planificación: MT-Excavación y Relleno de Cimentaciones (2/2)

<MT-Excavación y Relleno de Cimentaciones (2/2)>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
wt	Comentarios	Tipo de Excava	Corte	Volumen de Cimenta	Relleno Cimentación	Factor Esponja	Factor de Compac	Volumen Suelto m3	Factor Util	Volumen Util	Volumen Desecho m3	Volumen Relleno	Volumen de Acarreo
Fase 2	Excavación Cimentación 1	Maquinaria	81.39 m³	29.166	52.23	1.45	0.7	118.02	0.7	82.61	35.41	74.61	83.41
Fase 4	Excavación Cimentación 2	Maquinaria	69.53 m³	24.964	44.57	1.45	0.7	100.83	0.7	70.58	30.25	63.67	37.35
Fase 4	Excavación Cimentación 3	Maquinaria	18.57 m³	6.654	11.91	1.45	0.7	26.92	0.7	18.84	8.08	17.02	8.96
Fase 4	Excavación Cimentación 4	Maquinaria	23.64 m³	8.277	15.36	1.45	0.7	34.26	0.7	23.99	10.28	21.66	14.82
Fase 4	Excavación Cimentación 5	Maquinaria	12.97 m³	4.618	8.35	1.45	0.7	18.80	0.7	13.16	5.94	11.53	5.88
Fase 8	Excavación Cimentación 6	Maquinaria	19.45 m³	7.119	12.33	1.45	0.7	28.20	0.7	19.74	8.46	17.61	10.39
Fase 8	Excavación Cimentación 7	Maquinaria	18.79 m³	6.399	12.45	1.45	0.7	27.24	0.7	19.07	8.17	17.78	8.86
Fase 8	Excavación Cimentación 8	Maquinaria	19.96 m³	6.654	13.30	1.45	0.7	28.94	0.7	20.26	8.68	18.60	9.95
Fase 8	Excavación Cimentación 9	Maquinaria	52.95 m³	18.912	34.04	1.45	0.7	76.77	0.7	53.74	23.83	48.62	28.15
Fase 8	Excavación Cimentación 10	Maquinaria	17.01 m³	5.886	11.12	1.45	0.7	24.66	0.7	17.26	7.40	15.89	8.77
Fase 8	Excavación Cimentación 11	Maquinaria	23.88 m³	8.559	15.32	1.45	0.7	34.62	0.7	24.24	10.39	21.88	13.74
Fase 8	Excavación Cimentación 12	Maquinaria	17.87 m³	6.426	11.44	1.45	0.7	26.91	0.7	18.14	7.77	16.35	8.36
Fase 8	Excavación Cimentación 13	Maquinaria	9.87 m³	3.4	6.47	1.45	0.7	14.32	0.7	10.02	4.29	9.29	5.87
Fase 12	Excavación Cimentación 14	Maquinaria	179.76 m³	116.47	116.47	1.45	0.7	260.66	0.7	182.46	78.20	166.39	94.27
Fase 12	Excavación Cimentación 15	Maquinaria	12.20 m³	3.116	6.08	1.45	0.7	17.69	0.7	12.38	5.31	12.97	4.71
Fase 12	Excavación Cimentación 16	Maquinaria	14.04 m³	3.6	10.44	1.45	0.7	20.36	0.7	14.25	6.11	14.32	4.44
Fase 12	Excavación Cimentación 17	Maquinaria	15.68 m³	2.935	8.74	1.45	0.7	16.93	0.7	11.85	5.08	12.49	4.44
Fase 12	Excavación Cimentación 18	Maquinaria	14.09 m³	3.6	10.49	1.45	0.7	20.43	0.7	14.30	6.13	14.99	4.44
Fase 12	Excavación Cimentación 19	Maquinaria	14.05 m³	3.6	10.45	1.45	0.7	20.38	0.7	14.26	6.11	14.93	4.44
Fase 16	Excavación Cimentación 20	Maquinaria	66.96 m³	49.21	49.21	1.45	0.7	95.79	0.7	67.95	28.74	70.30	25.49
Fase 16	Excavación Cimentación 21	Maquinaria	26.78 m³	5.544	28.95	1.45	0.7	38.71	0.7	27.10	11.61	33.22	8.86
Fase 16	Excavación Cimentación 22	Maquinaria	19.85 m³	4.475	14.57	1.45	0.7	27.62	0.7	19.33	8.29	20.62	8.86
Fase 16	Excavación Cimentación 23	Maquinaria	14.85 m³	3.6	10.45	1.45	0.7	20.37	0.7	14.26	6.11	14.93	4.44
Fase 16	Excavación Cimentación 24	Maquinaria	15.50 m³	3.81	12.11	1.45	0.7	23.09	0.7	16.16	6.93	17.30	5.78
Fase 16	Excavación Cimentación 25	Maquinaria	26.13 m³	5.31	14.82	1.45	0.7	29.19	0.7	20.44	8.76	21.18	8.86
			93.86 m³	73.11	73.11			138.99		97.99	41.70	104.45	34.54
			547.78 m³	371.02	371.02			794.28		556.00	238.28	530.02	264.26

Figura 45. Cuantificación-Movimiento de tierras para la excavación de cimentaciones por fases de construcción - Fuente: Elaboración propia

Obteniendo una cuantificación total para el proyecto de:

Tabla 7. Volúmenes de corte, relleno y acarreo - Fuente: Elaboración Propia

	[m <sup>3</sup> ]
Corte	1927.85
Relleno	1087.44
Acarreo	1226.80

El modelo pasara a un Estado de Avance de la Información (EAIM) de Diseño a Detalle y la entidad Terreno en un Nivel de Información NDI-2.

Tabla 8. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia

EAIM		Entidades de Modelos	Terreno
Información de diseño	DD Diseño a Detalle		NDI-2

### 3.3.1.9. Generar entregables BIM

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- Modelos

Tabla 9. Entregables BIM del modelo de sitio: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO SITIO	RVT (*.rvt)	TSA-SIT-SITIO	-	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO
MODELO SITIO	IFC (*.ifc)	TSA-SIT-SITIO	IFC	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO
MODELO SITIO	NWC (*.nwc)	TSA-SIT-SITIO	COORDINACION	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO

- Documentos

Tabla 10. Entregables BIM del modelo de sitio: Documentos - Fuente: Elaboración propia

COMPUTOS METRICOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
DOCUMENTOS	XLSX (*xlsx)	TSA-SIT-SITIO	DOCUMENTOS	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-VL



### 3.3.2. MODELO VOLUMÉTRICO

#### 3.3.2.1. Flujo de trabajo modelo de volumétrico

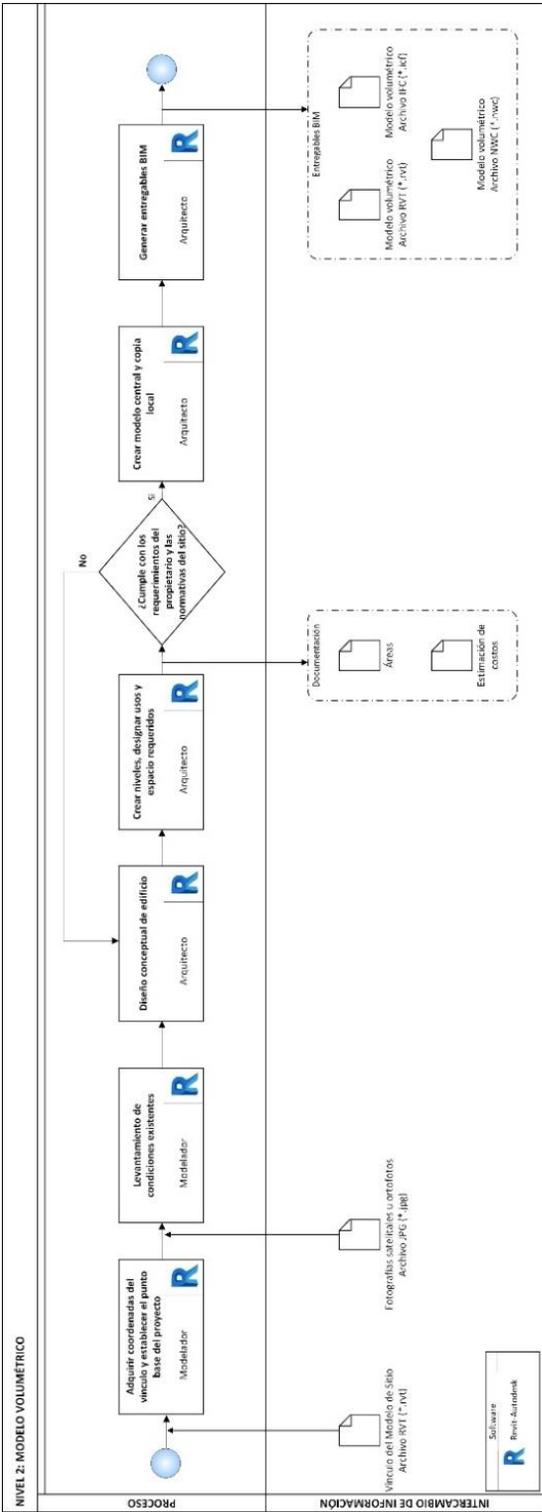


Figura 46. Flujo de trabajo para la creación del modelo de volumétrico - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.2. Adquirir coordenadas del vínculo y establecer el punto base del proyecto

En el software Revit se vinculó el archivo central del modelo de sitio TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt se adquirieron las coordenadas de dicho vínculo, se estableció las coordenadas del punto base del proyecto indicado en el plan de ejecución BIM y se roto el Norte del Proyecto en base al eje frontal del terreno para una orientación horizontal y un mejor control en el modelado.

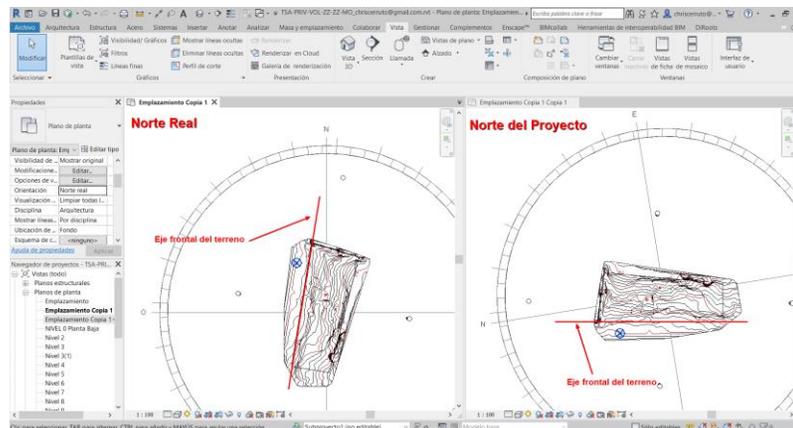


Figura 47. Norte Real y Norte del Proyecto - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.3. Levantamiento de las condiciones existentes

Mediante ortofotos o fotografías satelitales, se procederá al levantamiento de las condiciones existentes que se encuentren en terreno o alrededor de este. Mediante masas conceptuales, superficies topográficas y suelos se levantarán edificios, parques, calles peatonales y vehiculares, esto con el objetivo de establecer un entorno virtual para el desarrollo de los diseños y modelos.

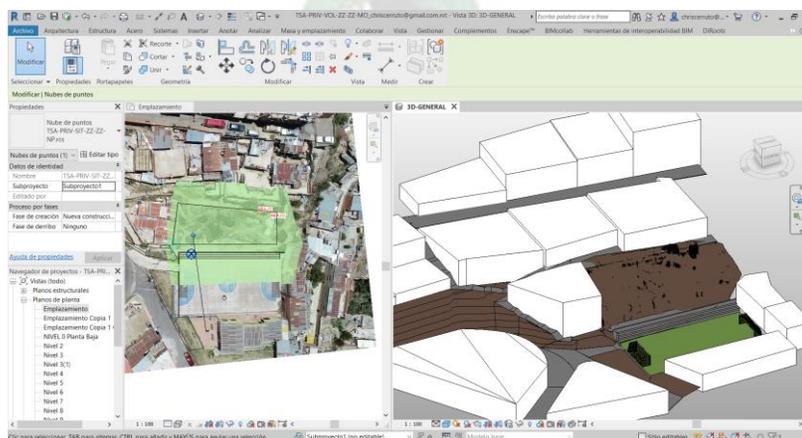


Figura 48. Levantamiento de las condiciones existentes - Fuente: Elaboración propia

Estas entidades estarán en el subproyecto Elementos Civiles y en un Nivel de Información NDI-1.

### 3.3.2.4. Diseño conceptual del edificio

El diseño conceptual del edificio de 10 niveles con una altura por nivel de 3.2m, se realizó mediante masas. Esto en un nivel de información NDI-1, con el fin de poder realizar el análisis de orientación del edificio. Este análisis determina en gran parte la demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio en el futuro.

La carta solar que presenta el software Revit nos da a entender que:

- La fachada orientada al Oeste recibe radiación solar durante la tarde, es en este horario donde se dan las más altas temperaturas del día. Esta Fachada tiene el riesgo de sobrecalentarse en verano. Las superficies acristaladas de esta fachada deberán ser protegidas.
- La fachada orientada al Este recibirá la radiación solar por las mañanas tanto en invierno como en verano, las superficies acristaladas que se encuentran en esta fachada podrían presentar sobrecalentamiento si no es protegida.
- La fachada orientada al Sur prácticamente no recibirá radiación solar en forma directa. Esta fachada no requiere de protección solar.
- La fachada orientada al Norte recibe la radiación solar durante la mayor parte del día, dependiendo de la época del año.

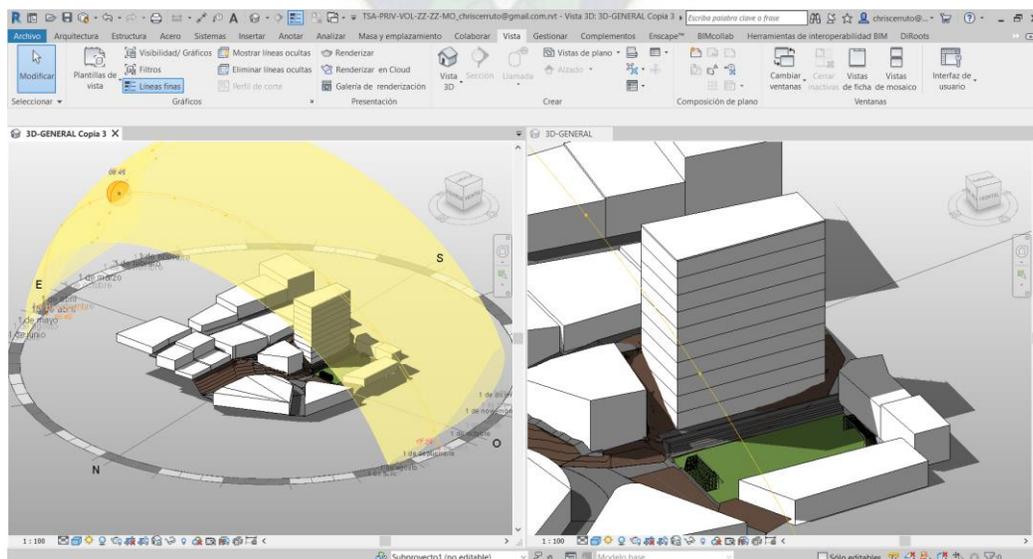


Figura 49. Radiación solar en la fachada Norte y las sombras que genera el edificio, mediante la carta solar - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.2.5. Crear niveles, designar usos y espacios requeridos

Se crearon 10 Niveles destinados a departamentos, salones comerciales y parrilleros. Cada nivel cuenta con una altura de 3.2m.

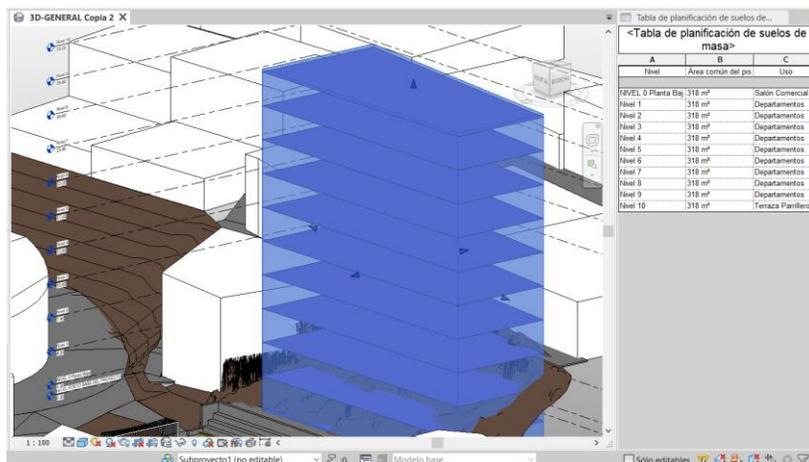


Figura 50. Niveles y usos del edificio - Fuente: Elaboración propia

Mediante las áreas por nivel se calculó el costo referencial para la construcción del edificio.

Tabla 11. Costo referencial para la construcción del edificio – Fuente: Elaboración Propia

Nivel	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]	Costo Ref. [\$/m <sup>2</sup> ]	Costo Ref. [\$/Nivel]
Planta Baja	Salón Comercial	318.00	500.00	159000.00
Nivel 1	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 2	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 3	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 4	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 5	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 6	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 7	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 8	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 9	Departamentos	318.00	500.00	159000.00
Nivel 10	Terraza parrilleros	318.00	500.00	159000.00
Costo referencial del edificio [\$/]				1590000.00

### 3.3.2.6. Crear archivo central y copia local

Una vez se haya cumplido con los requerimientos del propietario y con las normativas del sitio, se procederá a generar el archivo central y copia local como lo indicado en el punto 3.2.3.

Tabla 12. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de volumétrico - Fuente: Elaboración Propia

Modelo BIM	Ubicación	Nombre de la carpeta	Tipo de archivo	Nombre del archivo (.rvt)
VOLUMÉTRICO	CDE	TSA-SIT-SITIO	Archivo Central	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	Copia Local	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO_chricerruto.rvt

El modelo estará en un Estado de Avance de la Información (EAIM) de Diseño Conceptual y en un Nivel de la Información NDI-1.

Tabla 13. Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de sitio - Fuente: Elaboración Propia

<b>EAIM</b>	<b>Entidades de Modelos</b>	<b>Elementos Civiles</b>
Información de Diseño	DC Diseño Conceptual	NDI-1

### 3.3.2.7. Generar entregables BIM

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- Modelos

Tabla 14. Entregables BIM del modelo volumétrico: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO VOLUMÉTRICO	RVT (*.rvt)	TSA-VOL-VOLUMÉTRICO	-	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO
MODELO VOLUMÉTRICO	IFC (*.ifc)	TSA-VOL-VOLUMÉTRICO	IFC	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO
MODELO VOLUMÉTRICO	NWC (*.nwc)	TSA-VOL-VOLUMÉTRICO	COORDINACION	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO



### **3.3.3.2. Adquirir coordenadas del vínculo y establecer el punto bases del proyecto**

En base a una plantilla arquitectónica en el software Revit, se vinculó el archivo central del modelo volumétrico TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO.rvt se adquirieron las coordenadas de dicho vínculo y se estableció las coordenadas del punto base del proyecto indicado en el plan de ejecución BIM.

### **3.3.3.3. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico del presente proyecto está desarrollado en base a adaptaciones de diseños ya establecidos, los cuales fueron ajustados a la forma del terreno y a la topografía del lugar. Se ha añadido o modificado ambientes bajo criterios técnicos, dimensiones mínimas o máximas según bibliografía referida al tema, tales como el libro: “Arquitectura habitacional – Plazola” y “Arte de proyectar en arquitectura-Neufert”.

El diseño arquitectónico es fundamental para el desarrollo de los proyectos. “Un buen diseño arquitectónico es aquel que puede comunicar ideas y conceptos a través de los elementos visuales que el arquitecto posee y por tanto imprime en el diseño. Por lo que es importante que dicho diseñador posea el mayor conocimiento posible sobre todos los elementos de diseño que pueden ser usados dentro de un proyecto, y cuando y como aplicar estos conocimientos. La falta de conceptos sobre los fundamentos del diseño da como resultado que el diseño tanto en planta como en elevación sea reducido a formas simples y tradicionales limitando así la creatividad y capacidad del diseño.” Farestel Marisol Ochaeta Gonzalez. (2004). Los fundamentos del diseño aplicados a la arquitectura [Título profesional, Universidad De San Carlos De Guatemala].

### **3.3.3.4. Modelado básico del diseño arquitectónico**

Se crearon los subproyectos en los cuales estarán alojados las entidades que conformarán el modelo arquitectónico. Estas entidades son:

- Ejes
- Zonas-Espacios
- Losas (Suelos)
- Muros
- Muros Cortina

- Ventanas
- Puertas
- Cielos fijos
- Sistemas de circulación (Escaleras y Ascensores)
- Equipos e instalaciones
- Muebles

Las entidades del modelo básico del diseño arquitectónico, fueron modeladas con la información necesaria para algunos posibles cambios que puedan solicitar las distintas disciplinas. En este proceso las dimensiones y ubicaciones no están completamente definidas.

Las entidades se modelaron con los siguiente Niveles de Información (NDI):

#### 3.3.3.4.1. Muros

Los muros no llevarán ningún detalle de acabado, tales como pintura, revoque u otros a menos que este sea necesario en el cálculo estructural.

La información que se presenta en la tabla será la necesaria para una estimación de la ubicación de columnas, vigas, muros de corte o cualquier otro elemento estructural que disponga el ingeniero civil.

El nivel de información de los muros será un NDI-2. En esta etapa se consideran aun diseños y ubicaciones flexibles. Los parámetros que fueron añadidos son:

Tabla 15. Parámetros de la entidad muros - Fuente: Elaboración Propia

Uso	Espesor [m]	Material	Disposición	Longitud	Altura	Área	Nivel
Interior	0.10	Ladrillo cerámico de 6 H	Panderete	Variable	Variable	Variable	Variable
Exterior	0.15	Ladrillo cerámico de 6 H	Soga				
Exterior	0.15	Ladrillo Gambote de 18 H	Soga				
Divisorio	0.15	Ladrillo cerámico de 6 H	Soga				

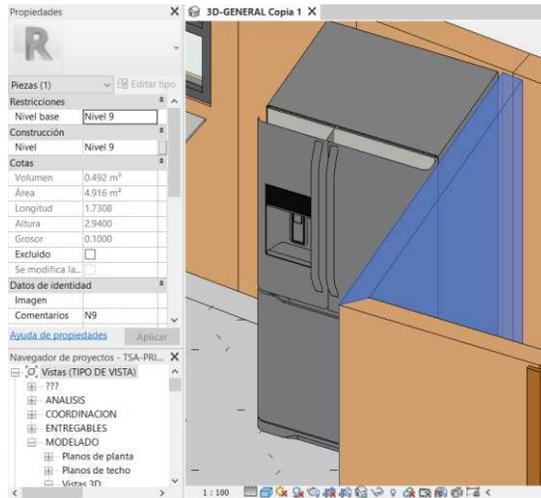


Figura 52. Entidad muros en un NDI-2 - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.4.2. Losas (Suelos)

Las losas se modelaron en un Nivel de Información NDI-1. Se dispuso solo una losa monolítica en cada nivel como alternativa a la losa estructural. El espesor es estimativo. Esta deberá ser eliminada una vez se tenga el vínculo del modelo estructural con el diseño de la losa.

### 3.3.3.4.3. Zonas y Espacios (Habitaciones)

Las habitaciones fueron creadas en un nivel de información NDI-1. Los parámetros necesarios son aquellos que permitan una etiqueta que pueda ser vista en planta o corte y que indique el tipo de habitación, área y volumen.



Figura 53. Habitaciones con etiquetas que identifican el tipo de ambiente - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.4.4. Sistemas de Circulación (Escaleras y ascensores)

Los asesores y escaleras deberán estar con un Nivel de información NDI-3. Es importante la información detallada del tamaño, forma, localización, cantidad y orientación que sea relevante para el montaje de los elementos.

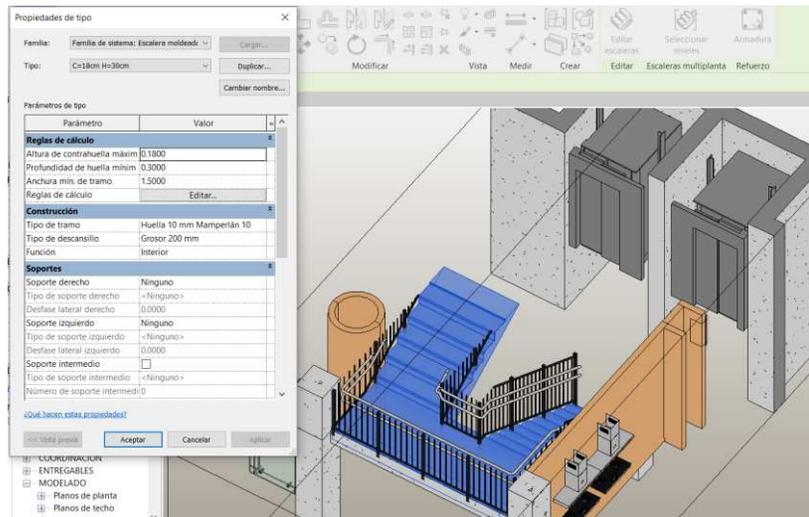


Figura 54. Entidad escaleras y ascensores en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.4.5. Puertas

Las puertas deberán tener las dimensiones correctas. El nivel de información podrá ser superior al NDI-2 ya que un cambio o modificación de las mismas no presenta mucha complejidad en etapas posteriores del modelado.

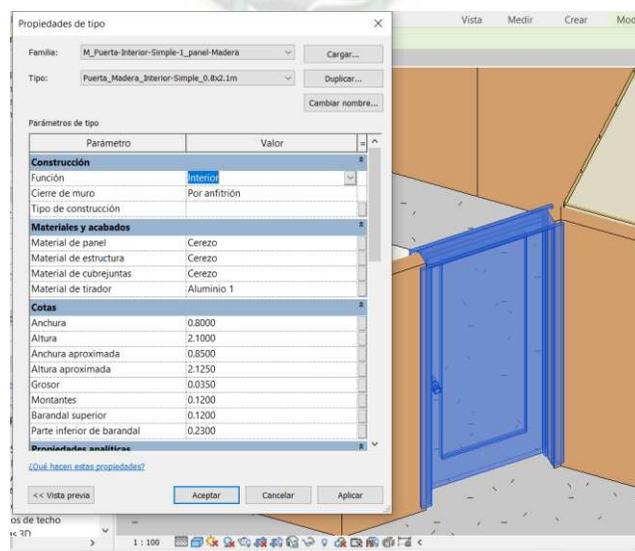


Figura 55. Entidad puerta en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Parámetros de la entidad Puerta - Fuente: Elaboración Propia

Ubicación		Dimensión [cm]	Material
Departamentos	Habitación	0.8x2.1	Madera
	Baño	0.7 x2.1	Madera
	Entrada	0.9x2.1	Madera
	Balcones	1.5x2.0	Madera
Área común	Ingreso edifico	2.4x2.10	Cristal templado
	Ingreso comercial	2.4x2.10	Cristal templado

### 3.3.3.4.6. Ventanas

Las ventanas se modelaron con un nivel de información NDI-2. Solo son requeridas las dimensiones de base, altura y altura de antepecho y no así el tipo de material o cristal que componen a la ventana a menos que el cálculo estructural así lo requiera.

### 3.3.3.4.7. Equipos e instalaciones

Estas entidades posiblemente son las que más cambiarán de posición debido los requerimientos de las otras disciplinas. El nivel de información podrá ser un NDI-2 o NDI-3, ya que el cambio de posición de los mismos no afectará en gran medida a la información que ellas contengan. Un ejemplo de ello es mover un inodoro, en lo cual es poco probable que cambien los parámetros de su dimensión, volumen de tanque, diámetro de salida o su material.

El parámetro costo en los equipos e instalaciones, no ira incluida en ningún nivel de información del modelo arquitectónico, sino en el modelo MEP sanitario.



Figura 56. Entidad equipos e instalaciones NDI-2 - Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.3.4.8. Muebles

Los muebles podrán estar en in nivel de información NDI-1. Los parámetros necesarios serán; ancho, alto y longitud.

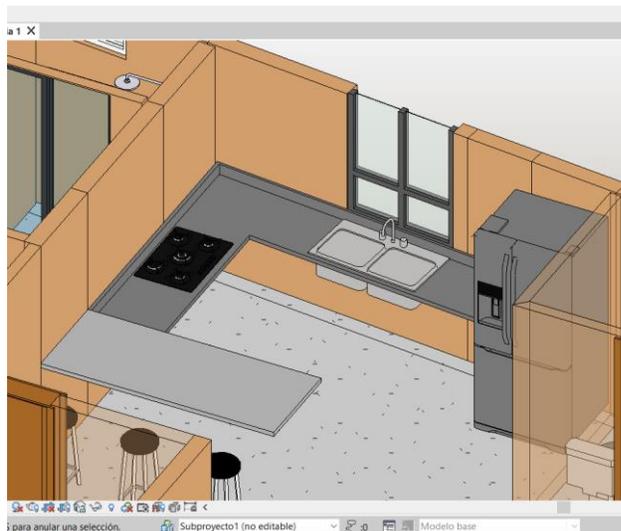


Figura 57. Entidad Muebles NDI-1 - Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.3.4.9. Cielos falsos

Son en estas entidades donde se alojarán las luminarias, y servirá de límite para las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas y otros. Por lo cual es fundamental el espacio entre la parte inferior de la losa estructural con el cielo falso. El nivel de información será de un NDI-2.

#### 3.3.3.4.10. Muros Cortina

Se modelan elementos de muro cortina genéricos que representan los principales tipos de ensamblajes del muro cortina propuesto. Se define el espesor total aproximado representado por un solo elemento. Considera aún modulación y ubicación aproximados. El nivel de información será de un NDI-2

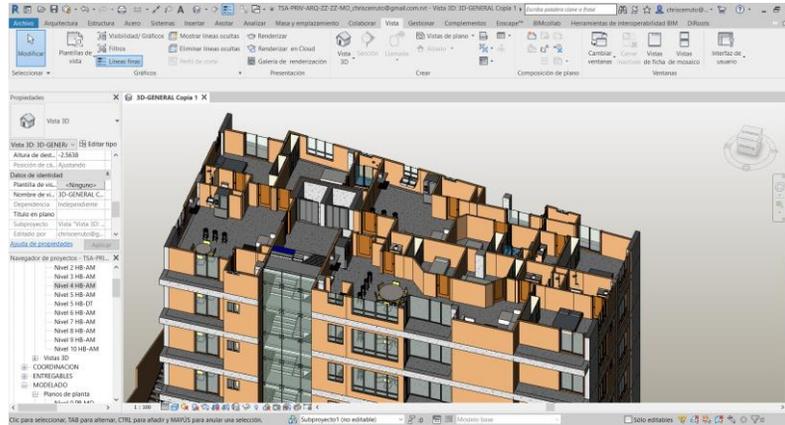


Figura 58. Modelado básico del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Estado de Avance de la Información y Nivel de Información del modelo de arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia

EAIM	Entidades de Modelos	Ejes	Zonas -Espacios	Losas (Suelos)	Muros	Muros Cortina	Ventanas	Puertas	Cielos Falsos	Sistemas de Circulación	Equipos e Instalaciones	Muebles
Inf. De Diseño	DB Diseño Basico	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-2	NDI-1

### 3.3.3.5. Crear archivo central y copia local

Una vez se haya cumplido con los requerimientos del propietario y con las normativas del lugar, se procederá a generar el archivo central y copia local, como lo indicado en el punto 3.2.3.

Tabla 18. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia

Modelo BIM	Ubicación	Nombre de la carpeta	Tipo de archivo	Nombre del archivo (.rvt)
ARQUITECTÓNICO	CDE	TSA-ARQ- ARQUITECTURA	Archivo Central	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.rvt
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	Copia Local	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO_chricerruto.rvt

### 3.3.3.6. Modificar el modelo por requerimientos técnicos de las otras disciplinas

Una vez creado el archivo central del modelo arquitectónico en el CDE, los diferentes actores participantes del proyecto, podrán analizar el modelo y mediante informes o sesiones de coordinación podrán pedir modificaciones con criterios técnicos. Las modificaciones podrían ir desde la creación de nuevos shafts, cuartos de máquinas, modificaciones en el cielo falso u otros.

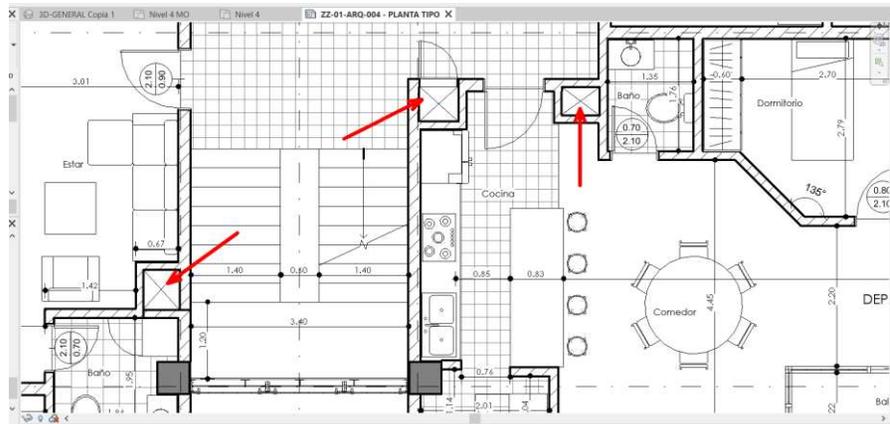


Figura 59. Asignación de nuevos shafts para instalaciones de gas eléctrico y sanitario - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.7. Modelado a detalle del diseño arquitectónico

Con el modelo estructural en una fase de diseño conceptual, se modificaron los muros, equipos, instalaciones y otras entidades que tengan interferencias con la estructura.

El modelo arquitectónico pasará a la fase de modelado a detalle, añadiendo a las entidades mayor información.

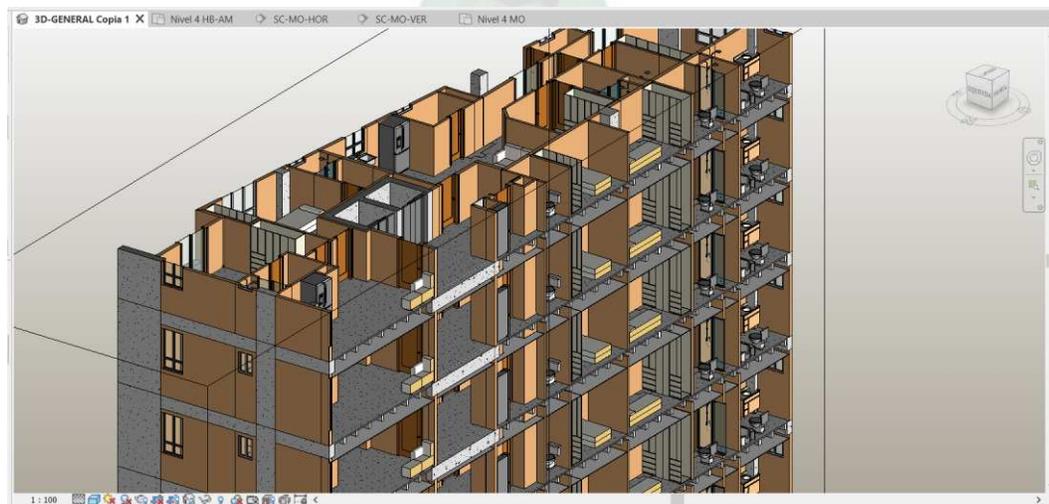


Figura 60: Vista en sección del modelado básico del diseño arquitectónico con el modelo estructural ya en una etapa más avanzada. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.7.1. Muros

En esta etapa el modelado de los muros se basó en parámetros de un nivel de información NDI-3. Se modelaron elementos de muro al tamaño y forma específicos de diseño. Los revestimientos en los muros fueron añadidos según la habitación que rodean y con las dimensiones reales en obra.

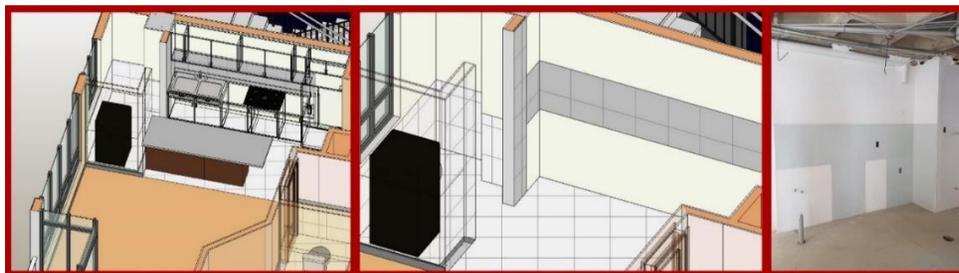


Figura 61: Revestimientos en muros del modelo y revestimientos reales en obra.  
Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.7.2. Losas (Suelos)

Se modelaron entidades al tamaño y forma específicos de diseño. Se consideró el tamaño total, la geometría exacta y el material del que están conformados, además de sus espesores. El nivel de información corresponde a un NDI-3.

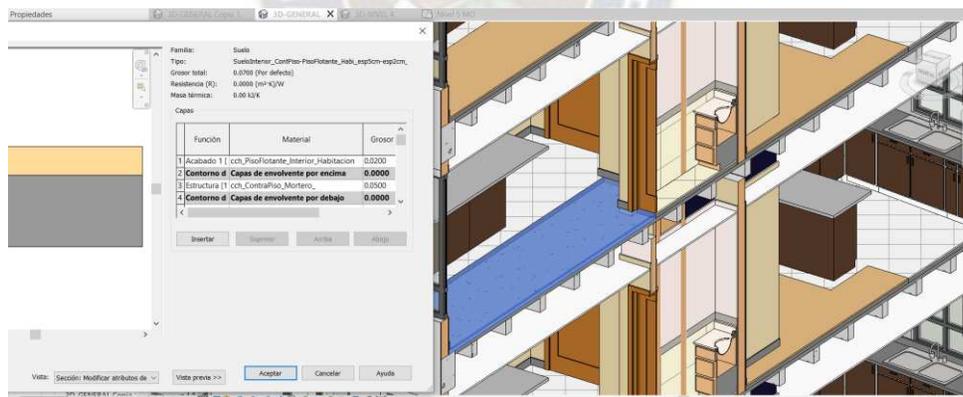


Figura 62. Entidad suelos NDI-3 - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.7.3. Ventanas y cielos falsos

En las ventanas se modelaron según la ubicación específica, el tamaño real y material. Se considera la geometría exterior de elementos de marco de ventana y el acristalamiento. El nivel de información corresponde a un NDI- 3.

En los cielos falsos se modelaron las entidades con el espesor real y el material. El nivel de información al igual que el de las ventanas corresponde a un NDI-3.



Figura 63. Entidad ventana y cielo falso en un NDI-3 - Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.3.7.4. Muebles

Los muebles en esta etapa de modelado podrán estar en un NDI-2. Se consideran materiales, ubicaciones y diseños flexibles.

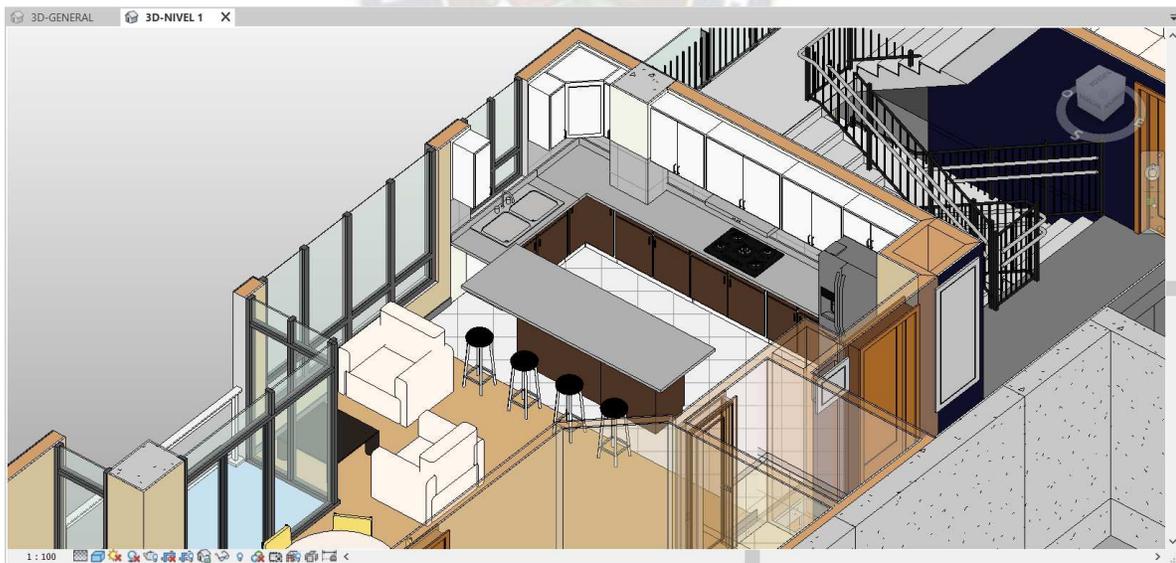


Figura 64. Muebles de cocina en un NDI-2 - Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Niveles de información de las entidades para un modelado a detalle del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración Propia

EAIM	Entidades de Modelos	Ejes	Zonas -Espacios	Losas (Suelos)	Muros	Muros Cortina	Ventanas	Puertas	Cielos Falsos	Sistemas de Circulación	Equipos e Instalaciones	Muebles
Inf. De Diseño	DB Diseño a Detalle	NDI-1	NDI-1	NDI-3	NDI-3	NDI-2	NDI-3	NDI-2	NDI-3	NDI-3	NDI-2	NDI-2

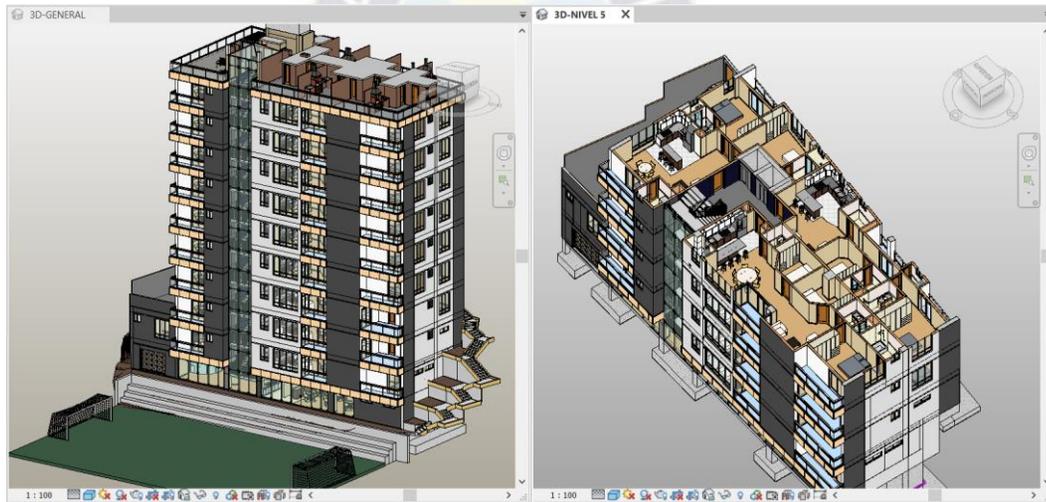


Figura 65. Modelado de Detalle del diseño arquitectónico - Fuente: Elaboración propia.

Se establecieron 6 tipos de departamentos desde el nivel 1 hasta el nivel 9, un salón comercial en la planta baja (Restaurante) y parrilleros en el nivel 10 terraza.

Tabla 20. Tipos de departamentos del edificio Torre San Antonio - Fuente: Elaboración Propia

Departamentos tipo	Nivel	Área [m <sup>2</sup> ]	N° de departamentos
A	4-9	114.95	6
B	4-9	90.05	6
C	2-9	100.18	8
D	2-3	205.27	2
E	1	130.46	1
F	1	83.21	1
Total		724.12	24

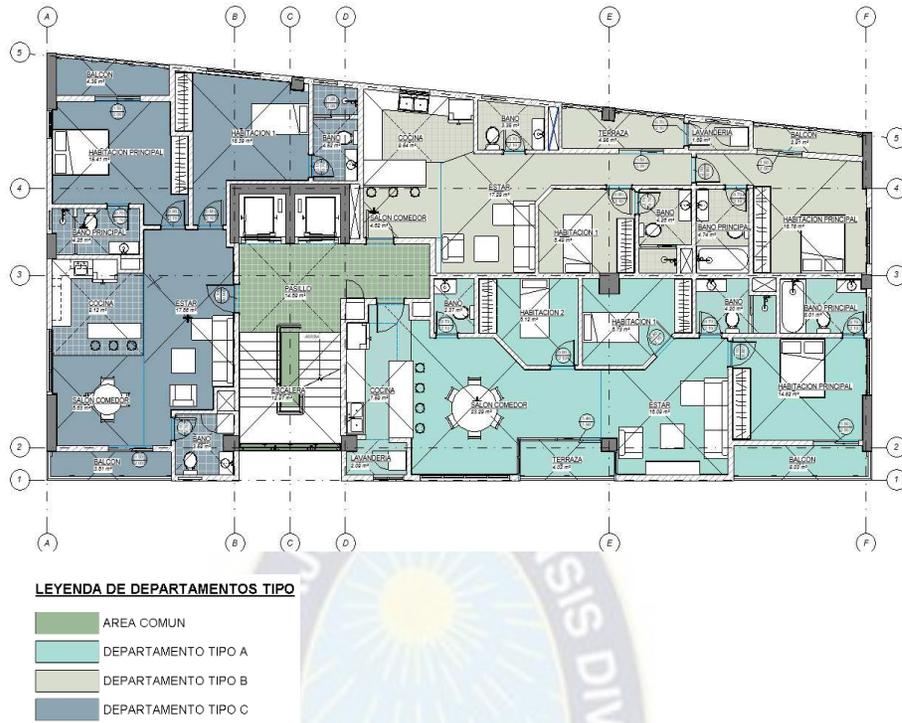


Figura 66. Departamentos tipo A, B y C - Fuente: Elaboración propia.

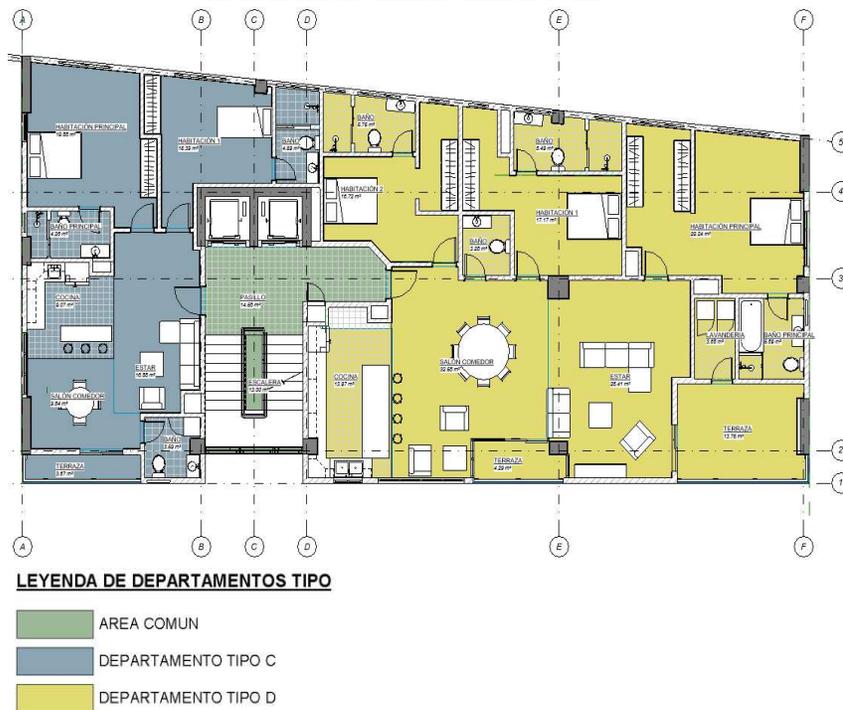


Figura 67. Departamentos tipo C y D - Fuente: Elaboración propia.

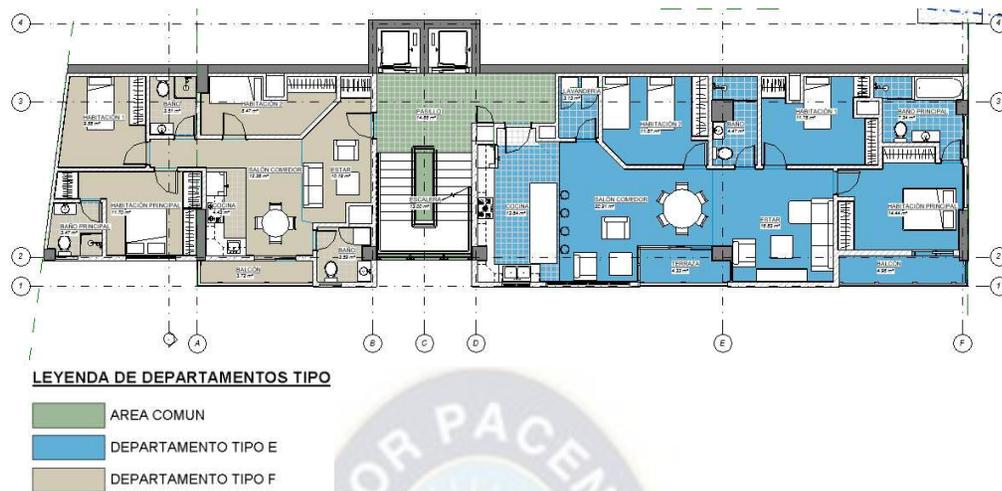


Figura 68. Departamentos tipo E y F - Fuente: Elaboración propia.

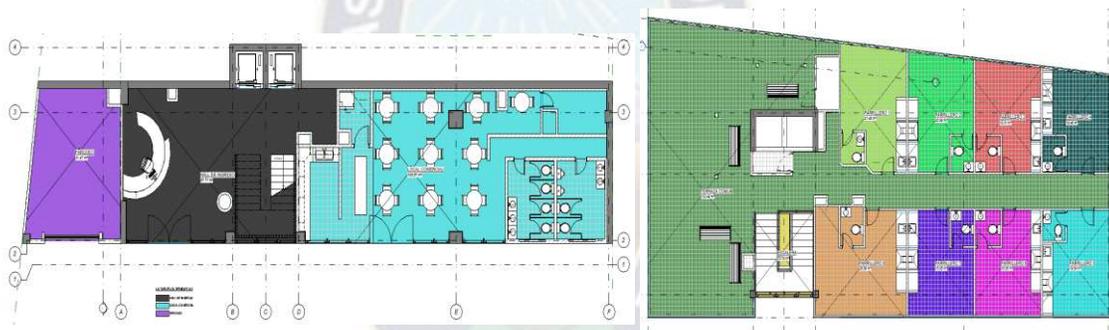


Figura 69. Planta baja y terraza - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.8. ¿Requiere modificación por coordinación con las otras disciplinas?

El modelo arquitectónico se modificará si es necesario, y si así lo requiere el Coordinador BIM. En la etapa de diseño a detalle las modificaciones por coordinación no presentaron gran problema en el modelo arquitectónico ni en el estructural ya que son prioridad ante las demás disciplinas involucradas.

### 3.3.3.9. Estudios energéticos del modelo arquitectónico

El modelo arquitectónico, se sometió a un análisis solar y de iluminación, mediante la extensión Autodesk-Revit-Insight, para lo cual es fundamental una cuenta estudiantil en dicha plataforma.

Los análisis se basarán en la fuente natural de iluminación que es el sol. Antes de cualquier análisis energético el modelo debe estar georreferenciado mediante sus coordenadas y mediante una

ubicación manual del terreno, que permita generar una comunicación del software con las estaciones meteorológicas más cercanas al lugar.



Figura 70. Ubicación del terreno y elección de la estación meteorológica - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.9.1. Análisis de iluminancia

El análisis de iluminancia, se generó para determinar cuanta iluminación natural en lux hay en un plano a 30 plg de las losas en cada nivel y por tipo de habitación.

La configuración para el análisis se presenta en la siguiente imagen:

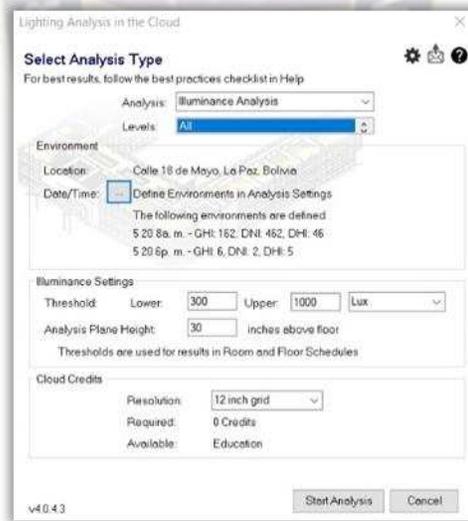


Figura 71. Configuración para de análisis de iluminancia - Fuente: Elaboración propia.

Una buena iluminación ronda entre los 100 a 500 lux esto dependiendo del tipo de habitación ya sea para una cocina, baño, dormitorio, oficina, comedor, etc. El uso excesivo de iluminancia podría causar problemas tales como deslumbramiento, contraste excesivo y discomfort térmico.

Para el edificio se tienen los siguientes resultados:

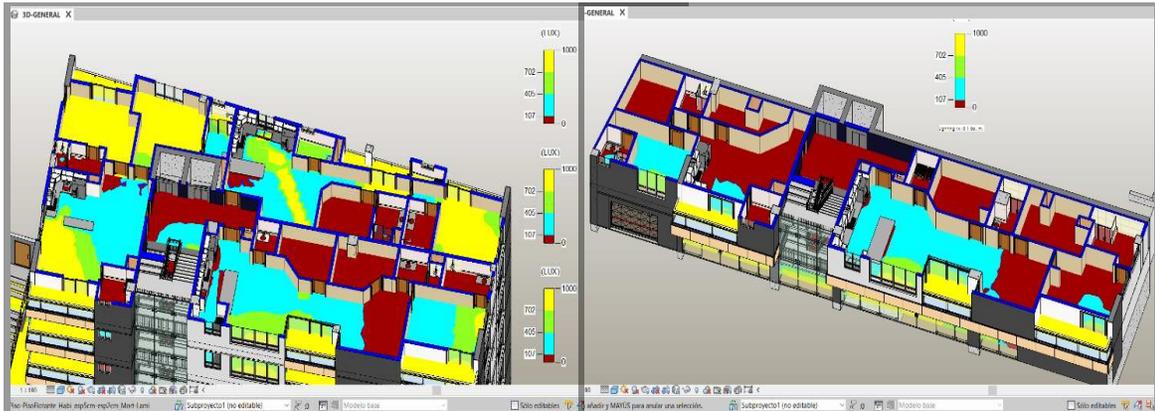


Figura 72. Análisis de iluminancia para los niveles, 9 y planta baja del edificio - Fuente: Elaboración propia.



Figura 73. Resultados generales del edificio a las 8:00 am y a las 6:00 pm - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.9.2. Acceso Solar

Con este análisis se determinó la cantidad de horas de luz directa que se tiene en cada uno de los ambientes del edificio.

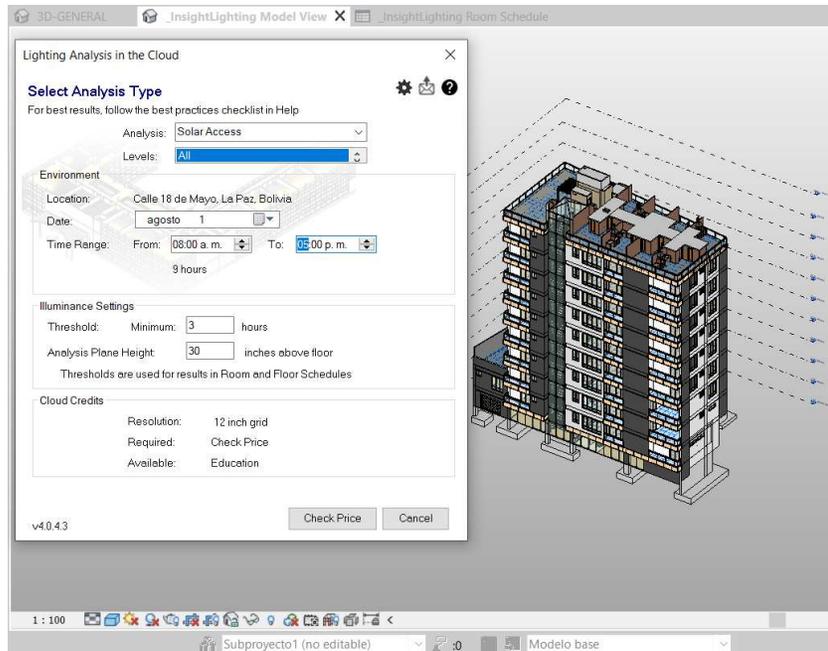


Figura 74. Configuración de para el análisis de acceso solar - Fuente: Elaboración propia.

El acceso solar para un edificio está determinado por cuatro factores: la latitud la pendiente del terreno donde está asentado, su forma y la orientación.

Los resultados obtenidos en el análisis fueron los siguientes:

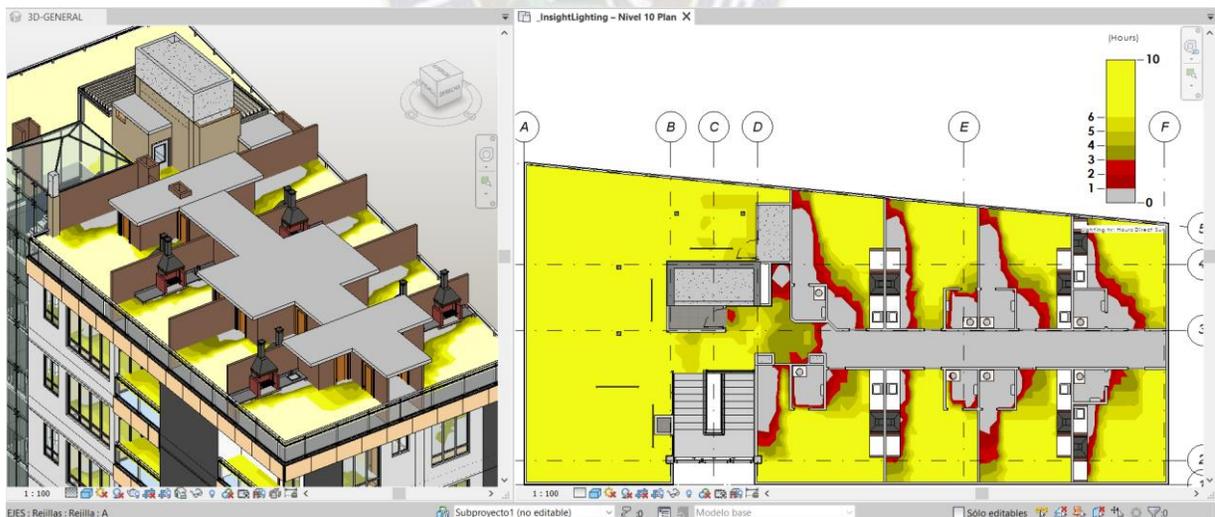


Figura 75. Acceso solar en horas en el nivel 10-Terraza - Fuente: Elaboración propia.

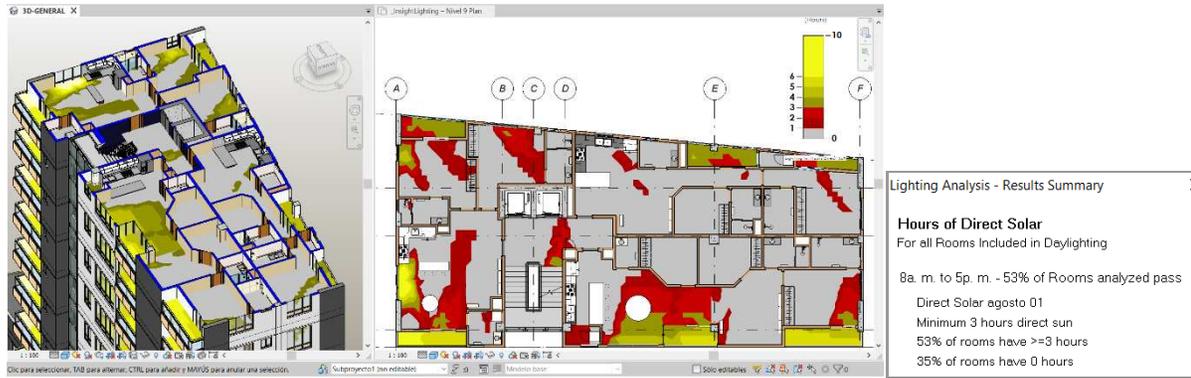


Figura 76. Acceso solar en horas en el nivel 9-Departamentos y Resultados generales del edificio - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.9.3. Irradiación solar

Se analizaron las superficies que estarán en mayor contacto con el sol durante todo el año, estos son la fachada frontal y norte como también la superficie de la terraza.

La irradiación fue determinada de manera acumulativa, alta y media en el periodo de un año.

Superficie de análisis 780 m<sup>2</sup>

Tabla 21. Resultados del análisis de irradiación solar - Fuente: Elaboración Propia

Irradiación en el periodo de un año	
Acumulada	1145 kWh/m <sup>2</sup>
Alta	803 Wh/m <sup>2</sup>
Media	250 Wh/m <sup>2</sup>



Figura 77. Irradiación solar: acumulada, alta y media durante el periodo de un año en las superficies que en mayor contacto estarán con el sol - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.3.10. Generar entregables BIM

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- Modelos

Tabla 22. Entregables BIM del modelo de arquitectura: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO ARQUITECTÓNICO	RVT (*.rvt)	TSA-ARQ-ARQUITECTÓNICO	-	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO
MODELO ARQUITECTÓNICO	IFC (*.ifc)	TSA-ARQ-ARQUITECTÓNICO	IFC	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO
MODELO ARQUITECTÓNICO	NWC (*.nwc)	TSA-ARQ-ARQUITECTÓNICO	COORDINACION	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO

- Planos

Tabla 23. Entregables BIM del modelo de arquitectura: Planos- Fuente: Elaboración propia

PLANOS					
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE			
		CARPETA	SUBCARPETA		ARCHIVO
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES-001
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES-002
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES-003
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES-004
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES-005
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-EL-FRONTAL-006
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-HABITACIONES-007
PLANO ARQUITECTÓNICO	DWG (*.dwg)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	CAD	ZZ-PL-HABITACIONES-008
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES-001

PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES-002
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES-003
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES-004
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES-005
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-EL-FRONTAL-006
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-HABITACIONES-007
PLANO ARQUITECTÓNICO	PDF (*.pdf)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	PLANOS	PDF	ZZ-PL-HABITACIONES-008

## Documentos

Tabla 24. Entregables BIM, documentos - Fuente: Elaboración propia

COMPUTOS METRICOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
DOCUMENTOS	XLSX (*.xlsx)	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	DOCUMENTOS	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-VL



### 3.3.4.2. Generar el archivo central y copia local

Se procederá a generar el archivo central y copia local, como lo indicado en el punto 3.2.3.

Tabla 25. Ubicación de modelos en CDE - Fuente: Elaboración propia

MODELO BIM	UBICACION	NOMBRE DE LA CARPETA	TIPO DE ARCHIVO	NOMBRE DEL ARCHIVO (.rvt)
ESTRUCTURA	CDE	TSA-EST-ESTRUCTURAS	ARCHIVO CENTRAL	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO (CENTRAL)
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	COPIA LOCAL	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO_ricargciv (LOCAL)

Se vincularán los archivos centrales de los modelos de arquitectura y de sitio, que se encuentran ubicado en el Entorno de Datos Compartidos.

Crear todos los subproyectos según requerimiento del Plan de ejecución BIM.

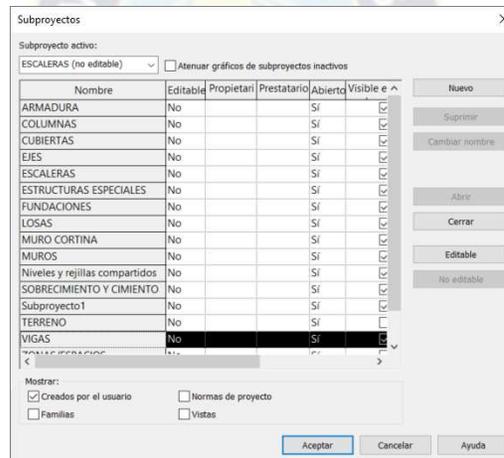


Figura 79. Subproyectos - Fuente: Elaboración propia

Las líneas de rejilla (Ejes) son guías, planos que nos sirve para replantear en Revit lo que vamos a empezar a construir. En base al archivo vinculado modelo Arquitectónico empezamos a trazar los ejes con la lógica de que la intersección entre los ejes insertamos Columnas y Muros de hormigón armado.



Figura 80. Ejes Nivel 3 - Modelo Estructura - Fuente: Elaboración propia

De manera similar disponemos los niveles realizando una copia supervisada con un desfase de 7cm por debajo de los niveles del modelo de arquitectura.



Figura 81. Niveles - Modelo Estructura - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.3. Modelado de anteproyecto de entidades estructurales

#### 3.3.4.3.1. Columnas y muros

Las Columnas y los muros se colocan directamente sobre la rejilla, ya que ese es su fin. También se los distribuye con la lógica de soporte y apoyo de las vigas y losas, además, debemos evitar la modificación del diseño de la arquitectura o modificar un porcentaje aceptable. Con esa lógica se añade las columnas y los muros en las plantas tipo del proyecto.

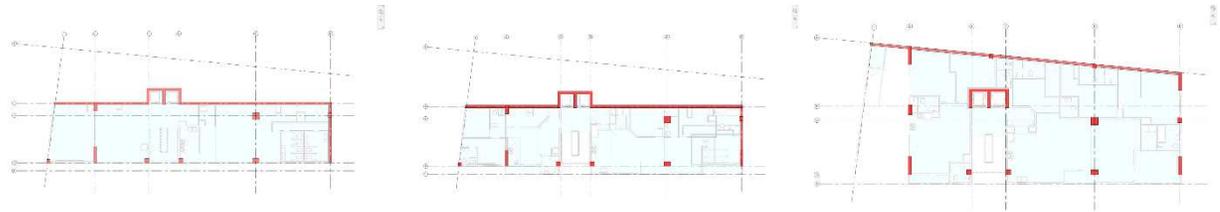


Figura 82. Columnas y Muros - Nivel 0, Nivel 1 y Nivel 3 - Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.4.3.2. Vigas y losas

Para entidades estructurales de losa se optó por la tipología estructural Losa Post-tesada nervada en dos direcciones con vigas de borde. De esta manera se empieza a pre-dimensionar en una primera etapa las entidades según las recomendaciones emitidas por el Post-Tensioning Institute (PTI).

Tabla 26. Predimensionamiento de Losa post-tesado y vigas - Fuente: Elaboración propia

Entidad	Relación	Resultado
Losa Post-tesada nervada en dos direcciones	Azotea: $L_{max}/40$ Entrepiso: $L_{max}/35$ Ábacos: $L_x/6$ y $L_y/6$	$L_{max}=8.68m$ $h_{losa}= 0.25m$
Vigas	Vigas planas: $b_v > 25cm$ $b_v$ : mayor a la altura de la losa Vigas de borde: V 30x50	V 30x25 V 30x50 V 20x50



Figura 83. Vigas y losas - Nivel 1, Nivel 3 y Nivel 10 - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.3.3. Escalera

Modelar escaleras en Revit es hacerlas directamente dibujando desde la planta.

Cumpliendo las dimensiones de huella y contrahuella del modelo de arquitectura se empieza a dibujar una escalera tipo.



Figura 84. Escalera Tipo - Fuente: Elaboración propia

Las entidades en esta fase consecutiva en el modelo BIM está vinculado directamente a los niveles de información. A continuación, se muestra el avance de la información de las entidades en el modelo:

Tabla 27. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de Anteproyecto - Fuente: Elaboración propia

EAIM	Entidades de Modelos	Ejes	Fundaciones	Columnas	Vigas	Losas / Radier	Muros	Cubiertas / Techumbre	Sistemas de circulación	Estructuras especiales
Información de Diseño	DA Diseño Anteproyecto	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1	NDI-1

#### 3.3.4.4. Refinar, modificar geometría del modelo

El punto de partida para el análisis y diseño del modelo estructural es pre-dimensionar, para poder realizar un predimensionamiento de los elementos estructurales se desarrolla procesos que, aunque no presentan resultados exactos, se acercan mucho a ellos.

Para determinar dimensiones de las entidades estructurales se pueden tomar ciertas consideraciones o diferentes criterios para elementos de hormigón armado y hormigón Post-tesado, alguno de estos puede ser de seguridad, deformación o también criterios económicos, de todas maneras, solamente serán un punto de partida para realizar el análisis, debido a que el cálculo estructural correspondiente nos dirá si estas dimensiones deben ser modificadas. Se tomo en cuenta la siguiente relación para el predimensionamiento de los elementos estructurales:

### 3.3.4.4.1. Columnas



Figura 85. Áreas de influencia - Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Predimensionamiento de columnas Nivel 1 - Fuente: Elaboración propia

$\gamma_g$	PARAMETROS DE CALCULO	CONCEPTO	COLUMNAS									
			A-3-4 C	A-5 C	B-2 C	C-5 C	C-6 C	D-3 C	D-4 C	D-5 C		
$\gamma_q$		Coef.Contin.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10		
1.20 1.60	Lf/h	0.75	h (m):			3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	
			lf (m)			2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	
		A.Inf. (m2)			16.40	32.47	15.42	11.69	18.73	15.69		
	G(kN/m2)=	7.06	G (kN)			115.78	229.24	108.87	82.53	132.23	121.85	
		$\gamma_b$ (kN/m3)=	25.00	pp (kN)			21.00	39.20	20.00	20.00	20.00	28.00
	Q(kN/m2)=	2.00	Q (kN)			32.80	64.94	30.84	23.38	37.46	34.52	
		$\Phi_i =$	1.00	Pv (kN)			4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
			3.30	P (kN)			1999.31	4211.36	1823.44	1253.67	1803.79	2966.39
				Pu (kN)			2557.35	5404.18	2330.92	1595.74	2306.32	3801.89
				Pserv[kN]			2250.39	4861.95	2042.05	1344.09	2031.74	3077.03
				Areq(cm2)			2571.88	4321.73	2333.77	1536.10	2321.98	3516.61
				a (m)			0.750	0.700	0.500	0.500	0.500	0.700
				b (m)			0.350	0.700	0.500	0.500	0.500	0.500
			Acol(cm2)			2625.00	4900.00	2500.00	2500.00	2500.00	3500.00	
	fb(MPa)=	25.00										

Tabla 29. Predimensionamiento de columnas Nivel 3 - Fuente: Elaboración propia

$\gamma_g$	PARAMETROS DE CALCULO	CONCEPTO	COLUMNAS									
			A-3-4 C	A-5 C	B-2 C	C-5 C	C-6 C	D-3 C	D-4 C	D-5 C		
$\gamma_q$		Coef.Contin.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10		
1.20 1.60	Lf/h	0.75	h (m):	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	
			lf (m)	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	
		A.Inf. (m2)	20.68	30.89	20.49	45.00	18.46	11.77	17.53	29.68		
	G(kN/m2)=	7.06	G (kN)	146.00	218.08	144.66	317.70	130.33	83.10	123.76	230.49	
		$\gamma_b$ (kN/m3)=	25.00	pp (kN)	16.20	28.80	16.80	33.80	20.00	16.20	16.20	28.00
	Q(kN/m2)=	2.00	Q (kN)	41.36	61.78	40.98	90.00	36.92	23.54	35.06	65.30	
		$\Phi_i =$	1.00	Pv (kN)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
			3.30	P (kN)	1652.68	2467.09	1652.15	3536.60	1496.03	993.85	1416.40	2589.66
				Pu (kN)	2118.05	3164.76	2116.11	4544.12	1914.96	1266.85	1813.08	3323.80
				Pserv[kN]	1896.36	2832.61	1878.93	4126.50	1692.78	1079.31	1607.50	2721.66
				Areq(cm2)	2167.26	3237.27	2147.35	3668.00	1934.61	1233.50	1837.14	3110.46
				a (m)	0.450	0.600	0.700	0.650	0.500	0.450	0.450	0.700

	<b>b (m)</b>	0.450	0.600	0.300	0.650	0.500	0.450	0.450	0.500
	<b>Acol(cm2)</b>	2025.00	3600.00	2100.00	4225.00	2500.00	2025.00	2025.00	3500.00
	<b>fb(MPa)=</b> 25.00								

Tabla 30. Predimensionamiento de columnas Nivel 6 - Fuente: Elaboración propia

$\gamma_g$	PARAMETROS DE CALCULO	CONCEPTO	COLUMNAS							
			A-3-4 C	A-5 C	B-2 C	C-5 C	C-6 C	D-3 C	D-4 C	D-5 C
$\gamma_q$		Coef.Contin.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10
1.20 1.60	Lf/h 0.75	h (m):	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
		If (m)	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
	G(kN/m2)= 7.06	A.Inf. (m2)	20.68	30.89	20.49	45.00	18.46	11.77	17.53	29.68
		G (kN)	146.00	218.08	144.66	317.70	130.33	83.10	123.76	230.49
	$\gamma_b$ (kN/m3)= 25.00	pp (kN)	12.80	20.00	14.40	24.20	12.80	12.80	12.80	19.20
		Q (kN)	41.36	61.78	40.98	90.00	36.92	23.54	35.06	65.30
	$\Phi_i = 1.00$	Pv (kN)	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
		P (kN)	1031.24	1530.95	1034.06	2202.80	923.39	614.04	880.39	1608.24
	3.30	Pu (kN)	1325.08	1969.66	1327.63	2837.96	1185.89	785.24	1130.20	2070.14
		Pserv[kN]	1195.30	1785.44	1184.32	2601.00	1066.99	680.31	1013.23	1715.50
	fb(MPa)= 25.00	Areq(cm2)	1366.06	2040.51	1353.51	2312.00	1219.41	777.49	1157.98	1960.58
		a (m)	0.400	0.500	0.600	0.550	0.400	0.400	0.400	0.600
		b (m)	0.400	0.500	0.300	0.550	0.400	0.400	0.400	0.400
		Acol(cm2)	1600.00	2500.00	1800.00	3025.00	1600.00	1600.00	1600.00	2400.00

Tabla 31. Predimensionamiento de columnas Nivel 9 - Fuente: Elaboración propia

$\gamma_g$	PARAMETROS DE CALCULO	CONCEPTO	COLUMNAS							
			A-3-4 C	A-5 C	B-2 C	C-5 C	C-6 C	D-3 C	D-4 C	D-5 C
$\gamma_q$		Coef.Contin.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10
1.20 1.60	Lf/h 0.75	h (m):	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
		If (m)	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
	G(kN/m2)= 7.06	A.Inf. (m2)	20.68	30.89	20.49	45.00	18.46	11.77	17.53	29.68
		G (kN)	146.00	218.08	144.66	317.70	130.33	83.10	123.76	230.49
	$\gamma_b$ (kN/m3)= 25.00	pp (kN)	9.80	12.80	13.20	16.20	7.20	7.20	7.20	12.00
		Q (kN)	41.36	61.78	40.98	90.00	36.92	23.54	35.06	65.30
	$\Phi_i = 1.00$	Pv (kN)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
		P (kN)	419.76	620.36	422.94	896.10	372.25	244.74	354.52	652.27
	3.30	Pu (kN)	543.87	805.02	547.31	1164.12	482.42	316.02	459.29	846.82
		Pserv[kN]	492.70	735.95	488.17	1072.13	439.81	280.42	417.65	707.13
	fb(MPa)= 25.00	Areq(cm2)	563.09	841.09	557.91	953.00	502.64	320.48	477.32	808.14
		a (m)	0.350	0.400	0.550	0.450	0.300	0.300	0.300	0.500
		b (m)	0.350	0.400	0.300	0.450	0.300	0.300	0.300	0.300
		Acol(cm2)	1225.00	1600.00	1650.00	2025.00	900.00	900.00	900.00	1500.00

### 3.3.4.4.2. Muros

El espesor de los muros de corte y contención se relaciona con la base de la viga peraltada, para los primeros análisis se verifica si el diseño cumple con todos los requisitos según la norma ACI 318-14.

$$e=30\text{cm}$$

### 3.3.4.4.3. Losa post-tesado aligerada dos direcciones

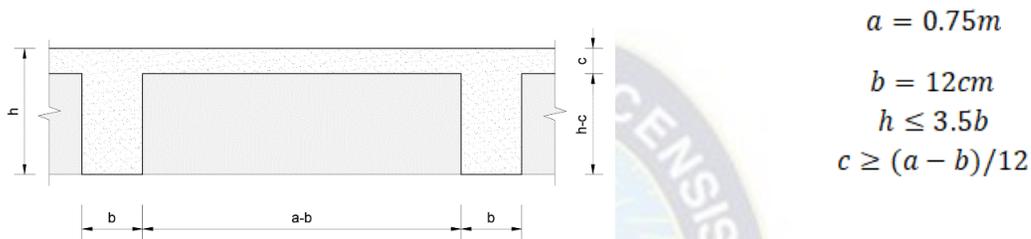


Figura 86. Predimensionamiento Losa post-tesado Aligerada - Fuente: Elaboración propia

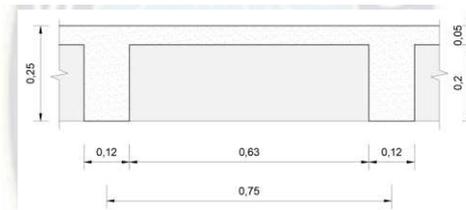


Figura 87. Dimensiones Losa post-tesado aligerada - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.4.4. Escalera

$$h_{losa} = \frac{l_{libre}}{20}$$

$l_{libre}$  = Luz máxima entre ejes

$h_{losa}$  = Espesor de escalera

$$h_{losa} = \frac{2.40}{20} = 0.12\text{m}$$

Adoptamos  $h_{losa} = 0.15\text{m}$

### 3.3.4.5. Agregar propiedades de material

Las propiedades de los materiales son componentes esenciales para cualquier diseño y análisis estructural, sin los cuales, el análisis es imposible. Una tabla de mapeo de materiales se genera automáticamente en Revit al momento de asignar un material correspondiente a una entidad (hormigón, acero, cables de post-tesado). Un mapeo de material correcto asegura un intercambio

estructural sin problemas, por lo tanto, diseño de calidad y resultados de análisis. A continuación, se muestra los materiales asignados a las entidades:

Tabla 32. Características de los hormigones estructurales - Fuente: Elaboración propia

Entidades Estructurales	Resistencia característica	Módulo de elasticidad
Elementos de hormigón postensado, vigas y losas nervadas	$f_{ck} = 21$ MPa (transferencia) $f_{ck} = 28$ MPa (Servicio)	21,538.11 MPa 24,870.06 MPa
Losas llenas en escaleras, muros, losas de fondo, zapatas aisladas, columnas y cubierta de tanques	$f_{ck} = 25$ MPa	23,500.00 MPa

A continuación, se muestra el avance de la información de las entidades en el modelo:

Tabla 33. Estado de avance de información de los modelos, Diseño básico - Fuente: Elaboración propia

EAIM		Entidades de Modelos									
		Ejes	Fundaciones	Columnas	Vigas	Losas / Radier	Muros	Cubiertas / Techumbre	Sistemas de circulación	Estructuras especiales	
Información de diseño	DB Diseño Básico	NDI-2	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-1	

### 3.3.4.6. Modelo analítico

Las condiciones de contorno son necesarias para comunicar al software de análisis de elementos finitos sobre el soporte (fijo, empotrado, móvil, etc). El intercambio de un modelo estructural de la herramienta Revit a un software de análisis no puede continuar sin asignar primero el soporte o las condiciones de contorno. El modelo analítico nos permite configurar la conexión de los elementos sin tener en cuenta su geometría y podemos comprobar las conexiones estructurales y gestionar su grado de empotramiento. La configuración estructural que seguimos es la siguiente:

- Configuramos la manera en que nos va analizar el modelo y los elementos que vamos a colocar dentro del modelo analítico, incluso los símbolos que nos van a representar el tipo de conexión entre los elementos.
- Dentro del modelo analítico establecemos los grados de libertad de cada uno de los nodos, para gestionar así el grado de estatismo de la estructura: hiperestático o isostático.
- En el modelo analítico podemos asimismo gestionar y comprobar que los enlaces entre los elementos estructurales son correctos y que no introducen una distancia en los apoyos que nos podría crear momentos adicionales dentro de la estructura, dando resultados estructurales poco fiables.
- Una vez cargadas y seleccionados los elementos estructurales y sus conexiones dentro del modelo analítico los podemos tener representados, para conocer directamente como hemos considerado cada uno de los elementos estructurales.

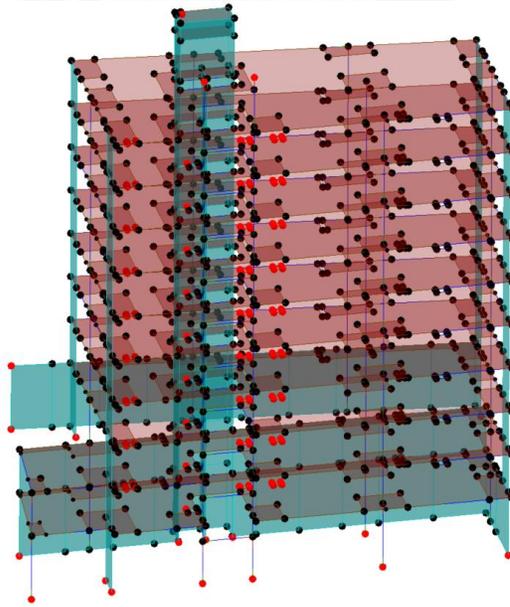


Figura 88. Modelo analítico Torre San Antonio - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.7. Exportar modelo análisis estructural (losa aligerada 2D)

Es importante dibujar un modelo detallado de la losa aligerada en Revit, para un proceso automático de reconocimiento de elementos al momento de importar en el software de análisis en este caso para una losa aligerada post-tesado. Se debe cumplir con lo siguiente:

- Los layer deben ser distintos para cada entidad, Ej. Vigas, columnas, muros, nervios, losa de compresión, ábacos y vacíos.
- Para que los elementos sean fácilmente manipulables en ADAPT BUILDER se deberán construir elementos cerrados tipo polilínea.
- Exportar la vista preparada en Revit en formato dwg.



Figura 89. Archivos DWG Losas estructurales tipos - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.8. Analizar y diseñar losa postzada

#### 3.3.4.8.1. Transformar los elementos polilínea en elementos estructurales

Seguiremos los siguientes pasos para consolidar los elementos estructurales:

- Importar el archivo dwg.
- Activar “Calibrar objetos importados”, “Mover objetos a XY (origen)” y asignar el dibujo CAD a un grupo nuevo.
- Asignar puntos de calibrado.
- Asignar manualmente la distancia en metros (o unidades definidas inicialmente).
- Seleccionar los layer definidos de manera individual y transformar los elementos poli línea en elementos estructurales.
- Ordenar los elementos estructurales en grupos para manipular la información de manera más rápida y sencilla.
- Asignar la dimensión correcta del elemento y el grupo al que pertenecen.



Figura 90. Elementos de la losa en Adapt Builder - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.8.2. Definir materiales

Las propiedades de los materiales que se asignaran a los elementos estructurales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 34. Propiedades de material de los elementos estructurales - Fuente: Elaboracion propia

Tipo de material	Etiqueta	Peso específico [kg/m3]	Resistencia característica [MPa]	Módulo de elasticidad [MPa]	Coficiente Propiedades mecánicas Inicial - transferencia
Hormigón	Fc=28MPa	2400.00	28.00	24870.06	0.70
Acero Pasivo	Fy=420MPa	-	420.00	200000.00	-
Acero de presfuerzo	Fpy=1860MPa	-	1860.00	200000.00	-

### 3.3.4.8.3. Cargas consideradas

Las cargas de explotación mínimas de diseño consideradas en el análisis estructural del edificio son iguales o mayores a las establecidas en el Art. 4.4 “Sobrecargas de aplicación” de la NB 1225002-1 “Acciones sobre las estructuras”.

### 3.3.4.8.4. Sobrecargas de uso

Las sobrecargas adoptadas se resumen a continuación, diferenciadas de acuerdo al tipo de ocupación o uso que se dará a los distintos ambientes y áreas:

Tabla 35. Sobrecarga de uso - Fuente: Elaboración propia

Uso o función	Sobrecarga de uso kN/m <sup>2</sup>
Departamentos	2.00
Escaleras, palieres y corredores	4.00
Cuartos de máquinas y calderas	7.50
Azoteas y terrazas accesibles	5.00
Azoteas inaccesibles	1.00

### 3.3.4.8.5. Carga por tabiquería

Para tomar en cuenta el peso de los muros de cerramiento y partición interiores se ha considerado, por zonas, una carga muerta uniformemente distribuida adicional a la carga permanente. Para la determinación de esta carga distribuida se han evaluado las longitudes y alturas de todos los cerramientos de un nivel tipo y se ha estimado la distribución del peso total de estos cerramientos en la superficie del nivel y zona considerada.

Tabla 36. Carga por tabiquería - Fuente: Elaboración propia

Nivel	Carga por tabiquería kN/m <sup>2</sup>
Nivel 1 y 2	4.20
Nivel 3 -9	3.60
Nivel 10	2.00

### 3.3.4.8.6. Cargas de cubierta

Sobrecarga mínima	1.5 kN/m <sup>2</sup>
Carga de nieve:	1.0 kN/m <sup>2</sup>

### 3.3.4.8.7. Cargas permanentes

Se considera como carga permanente al peso de los elementos no estructurales que se supone permanecerán inalterados con el tiempo, entre los que se incluyen los pisos, cielos, revoques, revestimientos e instalaciones menores de todas las especialidades.

Tabla 37. Cargas permanentes - Fuente: Elaboración propia

Elemento	Carga permanente kN/m <sup>2</sup>
Piso y contrapiso	1.50
Bloque aligerado	0.04
Cielo falso e instalaciones	0.40

### 3.3.4.8.8. Cargas en ascensores

El peso de los equipos y maquinaria de los ascensores, obtenido de información técnica de reconocidos fabricantes, se ha aplicado tanto en la losa de cubierta de la sala de máquinas como en la losa de fondo de la fosa del ascensor.

### 3.3.4.8.9. Resumen de cargas

Tabla 38. Resumen de cargas – Fuente: Elaboración propia

	Elemento	Carga kN/m <sup>2</sup>
Permanente	Departamento 1ro y 2do	6.00
	Departamento 3ro y 9no	5.50
	Terraza	3.75
	Escalera	1.57
	Ascensor	7.00
	Muro cortina	0.50
	Empuje de tierra 2 niveles	55.33
	Empuje de tierra 1 nivel	31.33
Sobrecarga	Departamento	2.00
	Terraza	5.00
	Escalera	4.00
	Ascensor	7.50
	Empuje de tierra 2 niveles	19.60
	Empuje de tierra 1 nivel	13.07
	Líquido agua	10.00

### 3.3.4.8.10. Combinación de cargas

Se muestran a continuación para el caso de cargas gravitacionales.

**Estado Límite de Servicio:**

Etapa Inicial

$$ELS1 = 1.00 PP + 1.00 PL + 1.00 PT_{inicial}$$

Etapa Final – Cargas Sostenidas

$$ELS2 = 1.00 CM + 0.30 SC + 1.00 PT_{efectivo}$$

Etapa Final – Cargas totales

$$ELS3 = 1.00 CM + 1.00 SC + 1.00 PT_{efectivo}$$

**Estado Límite Último:**

$$ELU1 = 1.20 CM + 1.60 SC + 1.00 HYP$$

$$ELU2 = 1.20 CM + 1.20 SCAL + 1.00 HYP$$

$$ELU3 = 1.40 CM + 1.00 HYP$$

Dónde:

PP: Peso propio

CM: Carga Muerta  $CM = PP + PL + CP + TAB + VID$

SC: Sobrecarga

### 3.3.4.8.11. Base de cálculo y diseño

El método de cálculo seguido, corresponde al método de los Estados límites basado, por una parte, en la aplicación de coeficientes de mayoración de las acciones características y, por otra parte, en la aplicación de coeficientes de minoración entre los que se dividen las resistencias características de los materiales.

El diseño de elementos estructurales se ha realizado con la norma ACI 318-11. Para definir los criterios de análisis y diseño se lo configura de la siguiente manera:

- La distancia de corte mínima del acero de refuerzo para el acero superior sobre el apoyo es igual a 0.2% del claro.
- La distancia de corte mínima del acero de refuerzo para el acero inferior al centro del claro es igual a 0.4% la longitud del claro.
- Recubrimiento mínimo para el acero de refuerzo.
- Definir los diámetros de armadura para el refuerzo pasivo a utilizar.

### 3.3.4.8.12. Asignar tendones de pre esfuerzo

El acero de pre esfuerzo responderá a la Norma ASTM A416, de siete hilos, Grado 270, 12.70 mm de diámetro, cable no adherido, engrasado, envainado, de baja relajación. Tensión mínima de rotura 1860 MPa.

Para el Torón de acero las propiedades son:

Módulo de Elasticidad	$E_p = 200000 \text{ MPa}$
Límite de Fluencia	$f_{py} = 1674 \text{ MPa}$
Límite de Rotura	$f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$
Diámetro Nominal	$d = 12.7 \text{ mm}$
Área transversal	$A_b = 98.71 \text{ mm}^2$

Para el cable no adherido se adoptan los siguientes parámetros para determinar las pérdidas:

Tensión de tesado	$f_o = 0.80 f_{pu} = 1488 \text{ MPa}$
Coefficiente de fricción	$\mu = 0.07$
Coefficiente de desviación	$k = 0.0046 \text{ rad/m}$
Asentamiento en el anclaje	$h = 6.0 \text{ mm}$

Pérdida diferida en el tiempo varía de 75 a 130 MPa

La asignación de cables de presfuerzo varia en gran medida por el espaciamiento de las nervaduras y del sistema constructivo a utilizar (Sistema no adherido de poliestireno comercial). En nuestro caso, utilizamos cables de presfuerzo en cada nervio, esto es a cada 75cm.

En la norma ACI la recomendación limita a una separación máxima de 75cm para nervaduras, esto siempre y cuando no se quiera diseñar por efectos de cortante, sin embargo, si se desea una separación más amplia se deberá revisar y diseñar como si fuera una viga. Seguiremos los siguientes pasos:

- Trazaremos un tendón sobre cada nervadura, definiendo las propiedades geométricas y mecánicas. El tendón se dibuja entre ambos puntos de anclaje (muerto/vivo).
- Asignamos la fuerza efectiva
- Fuerza calculada = 118kN/Cable
- Los anclajes se colocan al centroide de la sección.
- Asignar el radio mínimo de curvatura del cable.
- Asignar la forma y curvatura del tendón.
- Asignar Wobble, hace referencia al cálculo de fricción en un cable. Se utiliza 0.0007(rad/m).
- Asignar el tipo de tendón a utilizar – No adherido.

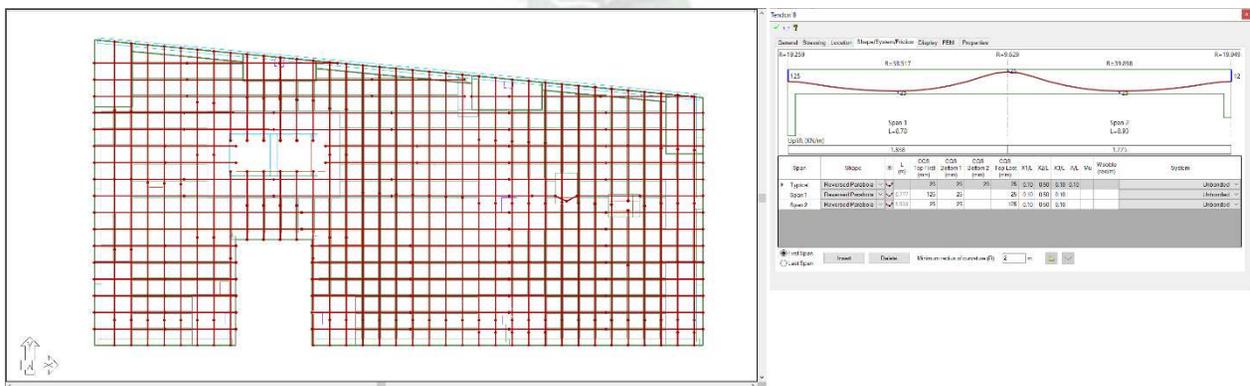


Figura 91. Tendones de presfuerzo - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.9. Verificar condiciones de servicio

Para la verificación de las tensiones en los elementos de hormigón post-tesado utilizando el programa ADAPT-Builder 2015 se han adoptado los siguientes valores para los parámetros definidos por el reglamento ACI 318-11:

Tabla 39. Parámetros de verificación de elementos postensados (ACI 318-14), Tensiones en MPa - Fuente: Elaboración propia

<b>Tensiones iniciales (transferencia):</b>	
Fracción de la resistencia del hormigón al momento de la transferencia $f'_{ci} / f'_c$	0.8
Tensión de tracción en la fibra superior	$0.25 f'_{ci}{}^{1/2}$
Tensión de tracción en la fibra inferior	$0.25 f'_{ci}{}^{1/2}$
Tensión de compresión en la fibra extrema	$0.6 f'_{ci}$
<b>Tensiones finales:</b>	
Tensión de tracción en la fibra superior	$0.5 f'_{ci}{}^{1/2}$
Tensión de tracción en la fibra inferior	$0.5 f'_{ci}{}^{1/2}$
Tensión de compresión en la fibra extrema	$0.6 f'_c$
<b>Tensiones sostenidas</b>	
Tensión de compresión en la fibra extrema	$0.45 f'_c$
Fracción de la carga viva considerada	0.5

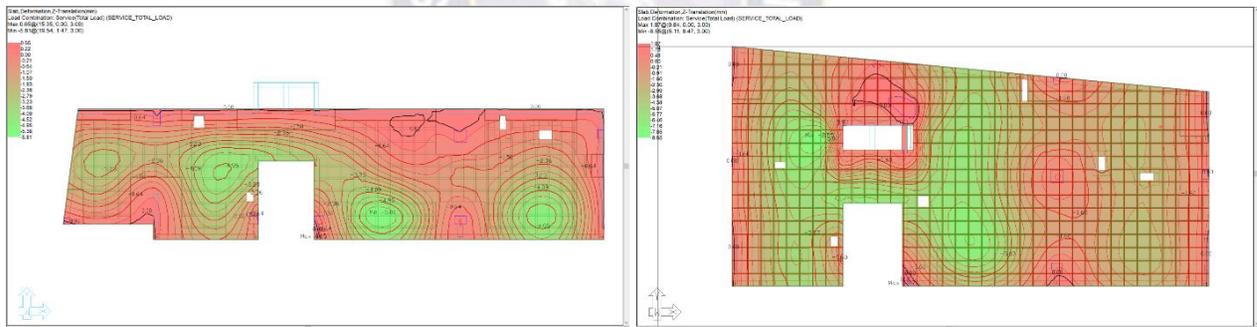


Figura 92. Deformación por cargas totales - Fuente: Elaboración propia

#### 3.3.4.9.1. Diseñar por resistencia

Después de revisar que la estructura cumple con los parámetros de esfuerzo y resistencia, se procede a diseñar el acero de refuerzo pasivo que demanda la estructura. Verificando el momento y corte resistente de la sección sea igual o superior a las cargas externas producidos, es decir:

$$\phi * M_n \geq M_u \quad \text{Momento}$$

$$v_u \leq \phi * v_n \quad \text{Corte}$$

Donde:

$\phi$ : Factor de reducción, 0.90 para flexión y 0.75 para corte

$M_n$  : Momento nominal resistente

$M_u$ : Momento solicitante ultimo

$v_n$ : Esfuerzo nominal al esfuerzo cortante

$v_u$ : Esfuerzo cortante ultimo

### 3.3.4.10. Exportar losa posteada al modelo central

Exportar la vista en ADAPT BUILDER en formato dwg.

### 3.3.4.11. Actualizar modelo de diseño estructural

Optimizado los elementos que se analizaron y diseñaron en la herramienta de ADAPT BUILDER, se procede a transferir la información al modelo central en Revit, esta información es:

- Dimensión en planta de las entidades.
- Dimensión de Sección de las entidades.
- Numero de cables de post-tesado.
- Armadura de refuerzo estructural (Losa aligerada).

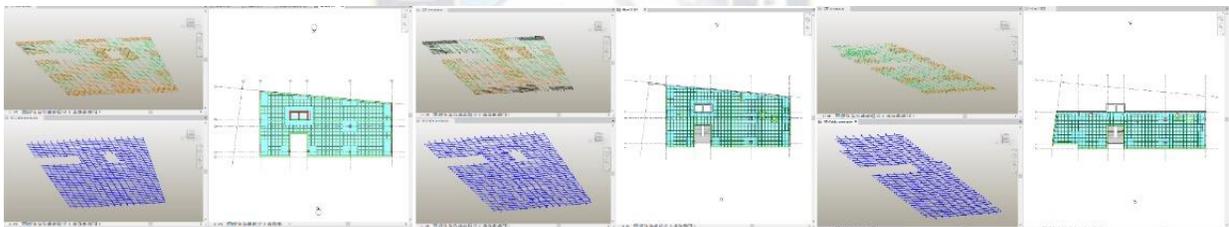


Figura 93. Tendones y aceros pasivos en modelo central – Revit - Fuente: Elaboración propia

El modelado de los cables de post-tesado es optimizado con un script de dynamo que se generó programando en lenguaje Python.

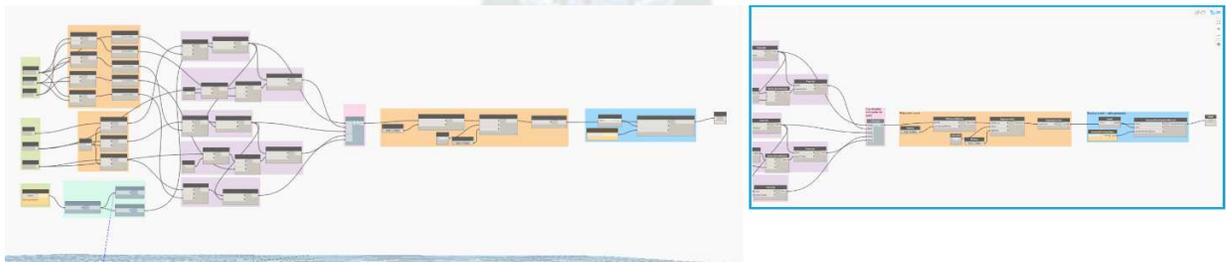


Figura 94. Script en dynamo para modelar tendones - Fuente: Elaboración propia

Además, paralelamente se va añadiendo los tipos de material, parámetros de construcción y otros.

A continuación, se muestra el avance de la información de las entidades en el modelo:

Tabla 40. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de detalle - Fuente: Elaboración propia

EAIM		Entidades de Modelos								
		Ejes	Fundaciones	Columnas	Vigas	Losas / Radier	Muros	Cubiertas / Techumbre	Sistemas de circulación	Estructuras especiales
Información de diseño	DD Diseño de Detalle	NDI-3	NDI-1	NDI-2	NDI-2	NDI-3	NDI-2	NDI-2	NDI-2	NDI-2

### 3.3.4.12. Refinar y modificar entidades verticales

Las dimensiones de las entidades estructurales (Verticales) se pre-dimensiona en la Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31, en este apartado se verifica si las entidades estructurales(horizontales) no alteran la geometría del modelo y especialmente en el modelo analítico.

### 3.3.4.13. Exportar modelo de análisis

El modelo analítico nos permite configurar la conexión de los elementos sin tener en cuenta su geometría y podemos comprobar las conexiones estructurales y gestionar su grado de empotramiento. En el punto 3.3.4.6, se menciona un proceso que permite la manera correcta de transferir información hacia el modelo de análisis. El modelo analítico se exporta a Robot Structural Analysis Professional en formato .rtd con un enlace directo que tiene incorporado Revit donde podemos enviar el modelo analítico con las secciones y geometría analítica correspondiente.

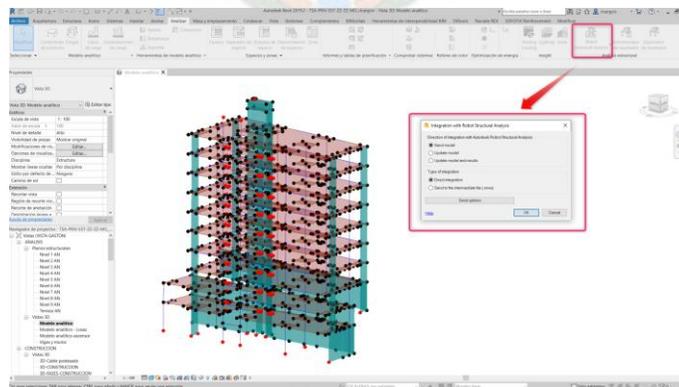


Figura 95. Exportar Modelo analítico en formato .rtd - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.14. Análisis y diseño del modelo

La interoperabilidad entre el modelo analítico Revit y el software Robot Structural Analysis Professional nos permite un flujo de trabajo optimizado y sincronizado para realizar análisis estructural.

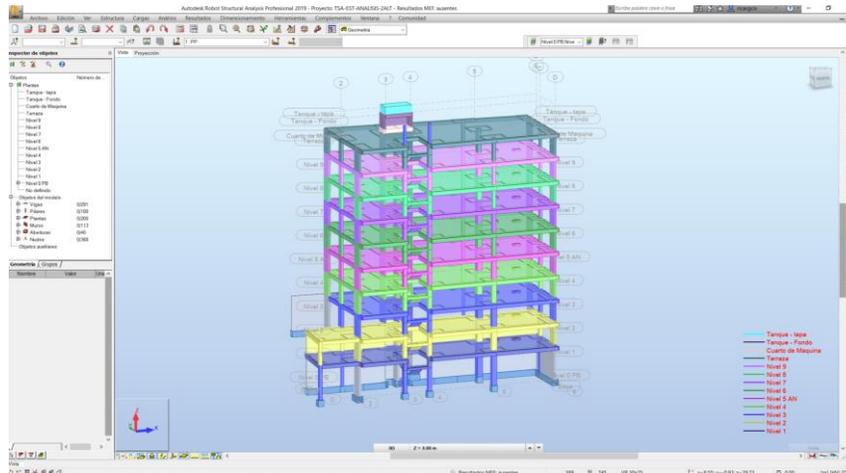


Figura 96. Modelo de Análisis en Autodesk Robot Structural - Fuente: Elaboracion propia

#### 3.3.4.14.1. Cargas gravitacionales, empujes de tierra y de liquido

En el punto 3.3.4.8.3, se describe todas las cargas gravitacionales que intervienen en la estructura.

#### 3.3.4.14.2. Cargas laterales - viento

Para los requerimientos en cuanto a las cargas de viento, se calibro el perfil de viento para una simulación de túnel de viento en el programa Robot structural análisis, utilizando el método de evaluación de cargas de las normas Règles NV 65/2005 y NB 12225003-1, habiéndose hallado que los valores obtenidos con esta última son aproximados para la calibración del perfil de viento.

Se han determinado las cargas por viento de acuerdo a los lineamientos de la norma NB 12225003-1. Los valores de los parámetros utilizados en el análisis y los resultados encontrados para las cargas se presentan a continuación:

Ubicación: Zona de San Antonio, Ciudad de La Paz, Departamento de La Paz.

Altitud: 3773.27 m.s.n.m.

Velocidad básica de viento: 29.50 m/s

Altura del edificio  $h = 36.90$  m  
 Dimensión longitudinal  $B = 27.24$  m  
 Dimensión transversal  $A = 12.65$  m  
 Rugosidad superficial: Categoría B, zonas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosas obstrucciones muy próximas entre sí, del tamaño de una vivienda unifamiliar o más grande.  
 Exposición: Categoría B, cuando la condición de rugosidad de la superficie del suelo prevalece en la dirección contra el viento por una distancia de por lo menos pies (457 m).

Tabla 41. Factor de calibración - Fuente: Elaboración propia

z[m]	kz	kd	kzt	I	Factor V
0.93	0.589	0.85	1	1	0.501
4.13	0.589	0.85	1	1	0.501
7.33	0.658	0.85	1	1	0.559
10.53	0.729	0.85	1	1	0.620
13.73	0.787	0.85	1	1	0.669
16.93	0.835	0.85	1	1	0.710
20.13	0.878	0.85	1	1	0.746
23.33	0.915	0.85	1	1	0.778
26.53	0.950	0.85	1	1	0.807
29.73	0.981	0.85	1	1	0.834
32.93	1.010	0.85	1	1	0.859
36.90	1.037	0.85	1	1	0.882
72.26	1.264	0.85	1	1	1.075

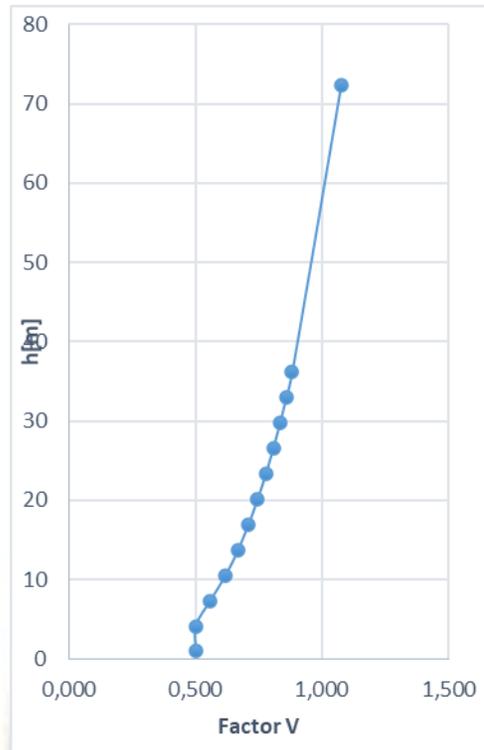


Figura 97. Perfil de viento - Fuente: Elaboración Propia

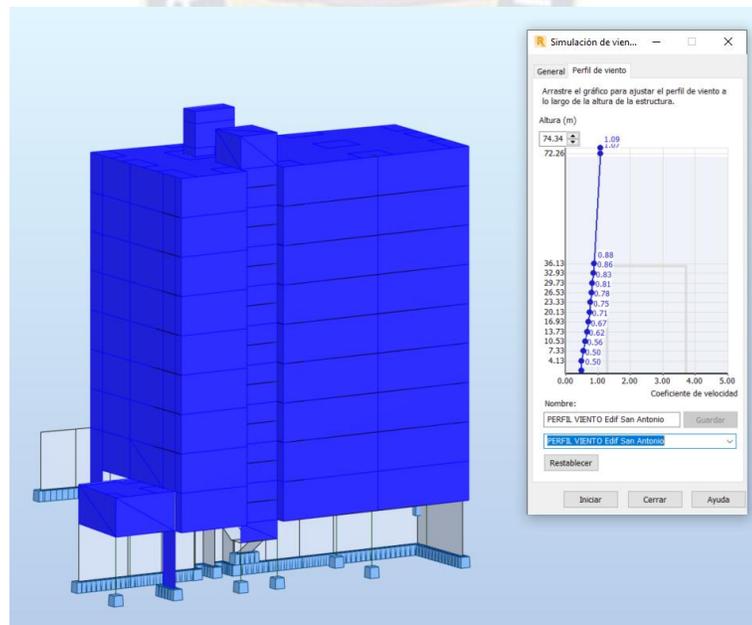


Figura 98. Configuración del modelo para la simulación del túnel de viento - Fuente: Elaboración propia

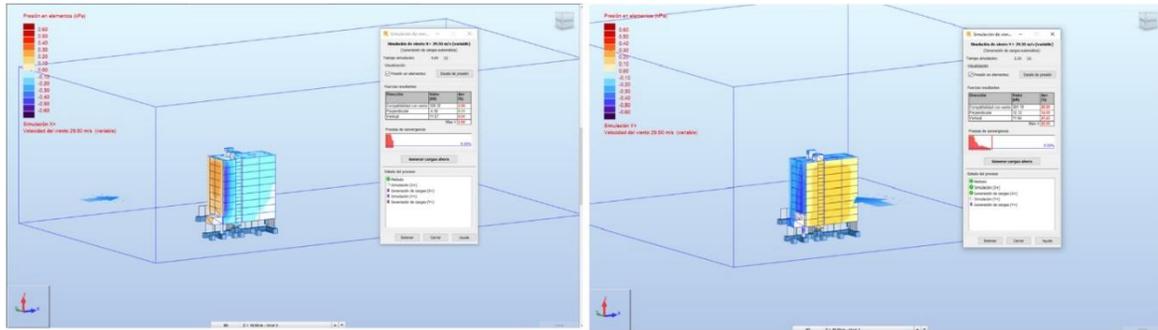


Figura 99. Simulación del túnel de viento en Vx y Vy - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.14.3. Capacidad portante del suelo

Para la información de ensayos de suelo se asume los siguientes datos:

Tabla 42. Capacidad portante del suelo - Fuente: Elaboración propia

Numero de calicata	Profundidad de excavación	Profundidad SPT [m]	T1			Profundidad SPT [m]	T2		
			Angulo de fricción interna	Cohesión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Sigma [kg/cm <sup>2</sup> ]		Angulo de fricción interna	Cohesión [kg/cm <sup>2</sup> ]	Sigma [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	2.10	0.30	11.82	1.98	3.97	0.60	18.47	3.12	6.25
2	2.20	0.30	13.48	2.27	4.54	0.60	19.30	3.27	6.54

Para el coeficiente de balasto, considerando un tipo de suelo del tipo arenas gravosas que son las que proporcionan una buena resistencia en el terreno, se toma el criterio de Jiménez Salas para este tipo de suelos con un valor de  $k=10\text{kg/cm}^2$ . Este criterio es compartido por Rodríguez Ortiz y también por Terzaghi.

### 3.3.4.14.4. Combinación de cargas

Para el análisis estructural se consideraron las siguientes combinaciones básicas de carga según el método de diseño a última resistencia.

### 3.3.4.14.5. Combinaciones en estado limite ultimo de resistencia

- U1: 1.4 CM + 1.0 Ptefectivo
- U2: 1.2 CM + 1.6 (SC + ET) + 1.0 Ptefectivo
- U3: 1.2 CM + 1.0 (SC + ET) + 1.0 Ptefectivo
- U4: 0.9 CM + 1.6 ET + 1.6 Vx + 1.0 Ptefectivo
- U5: 0.9 CM + 1.6 ET + 1.6 Vy + 1.0 Ptefectivo
- U6: 1.2 CM + 1.0 (SC + ET) + 1.0 Vx + 1.0 Ptefectivo
- U7: 1.2 CM + 1.0 (SC + ET) + 1.0 Vy + 1.0 Ptefectivo
- U8: 1.2 CM + 1.3 ET + 0.5 Vx + 1.0 Ptefectivo
- U9: 1.2 CM + 1.3 ET + 0.5 Vy + 1.0 Ptefectivo

U10:  $1.2 \text{ CM} + 0.5 \text{ SC} + 1.0 \text{ ET} + 1.6 \text{ Vx} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
U11:  $1.2 \text{ CM} + 0.5 \text{ SC} + 1.0 \text{ ET} + 1.6 \text{ Vy} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
U12:  $1,3(1,4\text{CM}+1,7\text{F}+1,6\text{ET})$  (Tanque elevado)  
U13:  $1,65(1,4\text{CM}+1,7\text{F}+1,6\text{ET})$  (Tanque elevado)  
U14:  $1,0(1,4\text{CM}+1,7\text{F}+1,6\text{ET})$  (Tanque elevado)

#### **3.3.4.14.6. Combinaciones en estado límite de servicio**

S1:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S2:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 1.0 \text{ SC} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S3:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 1.0 \text{ CC} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S4:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 1.0 \text{ Vx} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S5:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 1.0 \text{ Vy} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S6:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 0.75 \text{ SC} + 0.75 \text{ CC} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S7:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 0.75 \text{ SC} + 0.75 \text{ CC} + 0.75 \text{ Vx} + 1.0 \text{ PTefectivo}$   
S8:  $1.0 \text{ CM} + 1.0 \text{ ET} + 0.75 \text{ SC} + 0.75 \text{ CC} + 0.75 \text{ Vy} + 1.0 \text{ PTefectivo}$

Donde:

CM: Carga muerta

SC: Sobre Carga

ET: Empuje de Tierras

PTefectivo: Carga por el efecto del postesado

Vx, Vy: Carga de viento

F: Carga del fluido

Las combinaciones de carga descritas cumplen con los requerimientos de la Norma Boliviana NB 1225001 y satisfacen las disposiciones para combinaciones de hipótesis de cargas de normas internacionales tales como las del IBC 2015, ACI 318-2014 y CIRSOC 301-05, en las cuales la normativa boliviana está basada.

#### **3.3.4.14.7. Base de cálculo y diseño**

El método de cálculo seguido, corresponde al método de los Estados Límites basado, por una parte, en la aplicación de coeficientes de mayoración de las acciones características y, por otra parte, en la aplicación de coeficientes de minoración entre los que se dividen las resistencias características de los materiales.

El diseño de elementos estructurales (columnas, muros) se ha realizado con las rutinas de diseño del programa ya indicado. Se han adoptado los siguientes valores para los parámetros definidos por el reglamento ACI 318-14:

Tabla 43. Factores de reducción - Fuente: Elaboración propia

Factores de reducción de resistencia:	
$\Phi_t$ (secciones a tracción)	0.9
$\Phi_c$ (secciones a compresión, con estribos)	0.65
$\Phi_{ct}$ (Corte y Torsión)	0.75
$\Phi_m$ (Cortante en muros)	0.6
$\Phi_n$ (Corte en nudos viga-columna)	0.85
Límite de relación de tensiones	1

Figura 100. Parámetros de diseño de elementos estructurales (ACI 318-14) - Fuente: Elaboración propia

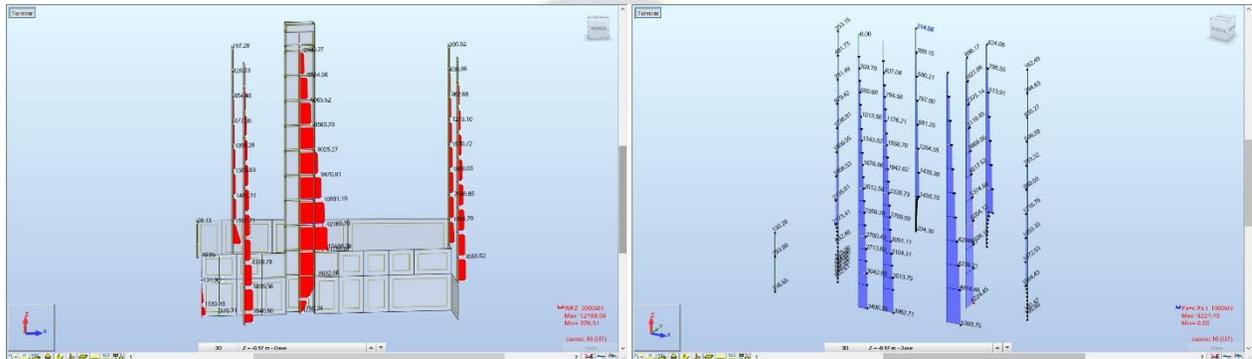


Figura 101. Fuerzas Normales en muros y columnas - Fuente: Elaboración Propia

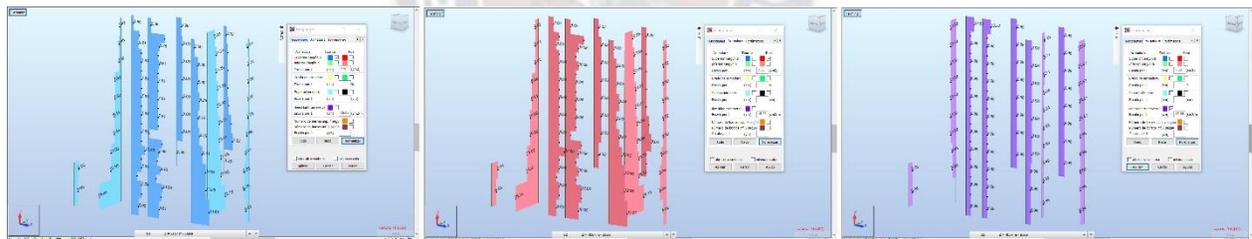


Figura 102. Áreas de armadura teórica, real y de cortante - Fuente: Elaboración propia

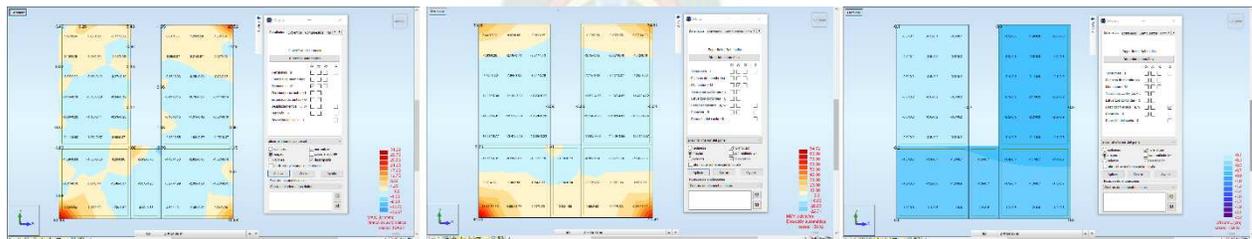


Figura 103. Fuerzas de momentos y deformación en escalera - Fuente: Elaboracion propia

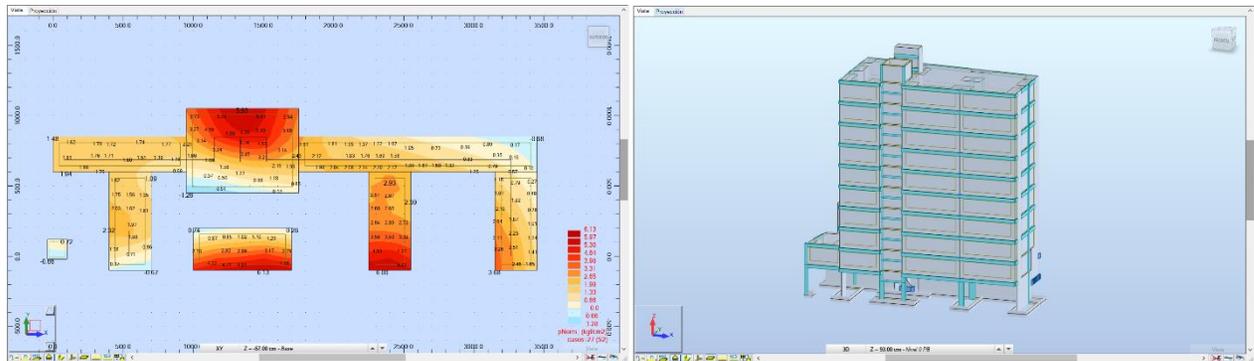


Figura 104. Valores máximos de tensión del suelo - Fuente: Elaboración propia

### 3.3.4.15. Exportar modelo de análisis al modelo central

El modelo de análisis se envía a Revit con las secciones óptimas calculadas y diseñadas en robot structural.

### 3.3.4.16. Actualizar modelo de diseño estructural

Optimizado los elementos que se analizaron y diseñaron en la herramienta ROBOT STRUCTURAL, se procede a transferir la información al modelo central, esta información es:

- Dimensión de sección de las entidades.
- Armadura de refuerzo estructural (Columnas, muros de corte, muros de contención, tanque elevado, escalera y fundación).

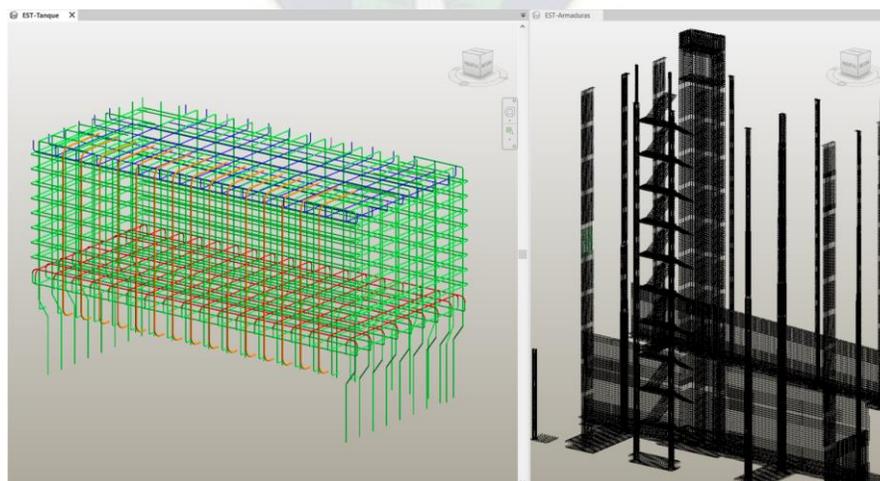


Figura 105. Armadura de elementos columna, muros, muros de contención, fundación y tanque elevado - Fuente: Elaboración propia

El modelado de la unión entre viga, Abaco, losa de compresión y muros, es optimizado con un script de dynamo para la correcta cuantificación de cantidades de volúmenes de hormigón.

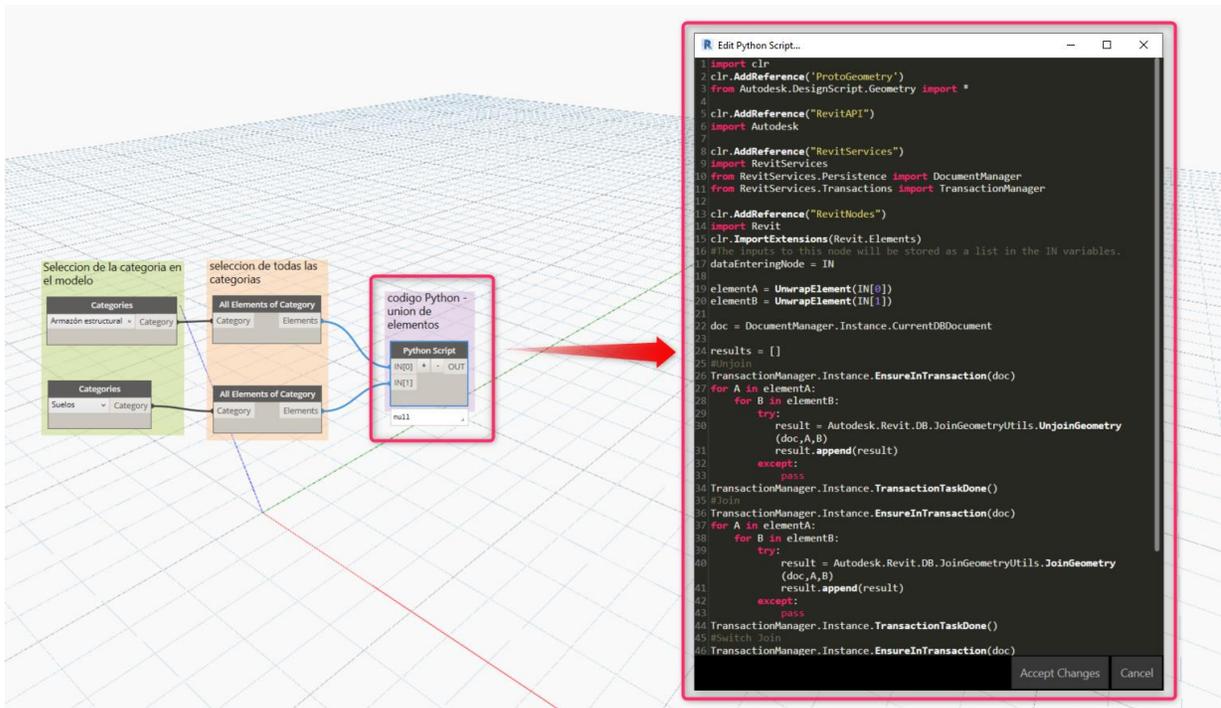


Figura 106. Script en dynamo para unión de entidades - Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el avance de la información de las entidades en el modelo:

Tabla 44. Estado de avance de información de los modelos, Diseño de detalle - Fuente: Elaboración propia

EAIM	Entidades de Modelos	Entidades de Modelos								
		Ejes	Fundaciones	Columnas	Vigas	Losas / Radier	Muros	Cubiertas / Techumbre	Sistemas de circulación	Estructuras especiales
Información de diseño	DD Diseño de Detalle	NDI-3	NDI-2	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-3	NDI-2

### 3.3.4.17. Generar entregables BIM

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- *Modelos*

Tabla 45. Entregables BIM del modelo estructural: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO ESTRUCTURAL	RVT (*.rvt)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	-	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO
MODELO ESTRUCTURAL	RTD (*.rtd)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	ANALISIS	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO
MODELO ESTRUCTURAL	IFC (*.ifc)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	IFC	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO
MODELO ESTRUCTURAL	IFC (*.ifc)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	IFC	TSA-PRIV-CABLES-ZZ-ZZ-MO
MODELO ESTRUCTURAL	NWC (*.nwc)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	COORDINACION	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO

### Planos

Tabla 46. Entregables BIM del modelo estructural: Planos - Fuente: Elaboración propia

PLANOS					
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE			
		CARPETA	SUBCARPETA		ARCHIVO
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-DIMENSIONES
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-FUNDACIONES
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-CO-COLUMNAS Y MUROS
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-SC-MUROS DE CONTENCIÓN
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-CO-VIGAS
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-LOSA ARMADURA
PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-LOSA CABLE POSTESADO

PLANO ESTRUCTURAL	DWG (*.dwg)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	CAD	ZZ-SC-ESCALERA
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-DIMENSIONES
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-FUNDACIONES
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-CO-COLUMNAS Y MUROS
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-SC-MUROS DE CONTENCIÓN
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-CO-VIGAS
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-LOSA ARMADURA
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-LOSA CABLE POSTESADO
PLANO ESTRUCTURAL	PDF (*.pdf)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	PLANOS	PDF	ZZ-SC-ESCALERA

## Documentos

Tabla 47. Entregables BIM del modelo estructural: Documentos - Fuente: Elaboración propia

COMPUTOS METRICOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
DOCUMENTOS	XLSX (*.xlsx)	TSA-EST-ESTRUCTURAS	DOCUMENTOS	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-VL



### 3.3.5.2. Creación del archivo central y copia local.

Se procederá a generar el archivo central y copia local como lo indicado en el punto 3.2.3.

Tabla 48 Ubicación de modelo Sanitario en CDE - Fuente: Elaboración propia

Modelo BIM	Ubicación	Nombre de la carpeta	Tipo de archivo	Nombre del archivo (.rvt)
SANITARIO	CDE	TSA-SAN-SANITARIO	Archivo Central	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.rvt
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	Copia Local	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO_layre8fin.rvt

Se creó los subproyectos en correspondencia a las entidades utilizadas en el modelo BIM, estas son:

- Ejes
- Equipos e Instalaciones.
- Equipamiento y tableros MEP
- Distribución y tuberías MEP

Los ejes y niveles del modelo sanitario fueron creados a partir de copias supervisadas del vínculo del modelo arquitectónico.

### 3.3.5.3. Diseño básico del modelo Sanitario

El modelado para este estado de avance de la información corresponde a la ubicación de aparatos sanitarios y equipos mecánicos en un nivel de información NDI -3 y la modelación esquemática de los sistemas hidrosanitarios en un NDI -2.

### 3.3.5.4. Coordinar la ubicación de aparatos sanitarios y equipos mecánicos.

Previo al modelado se definieron la posición de bajantes de aparatos sanitarios que atraviesan la losa, se coordinó la ubicación de los shafts y la altura de cielo falso requerida para el paso de las instalaciones sanitarias.

La posición de las bajantes de aparatos sanitarios está condicionada a no colisionar con los nervios de la losa estructural, para este fin, se creó plantillas de vista que hacen posible esta coordinación.

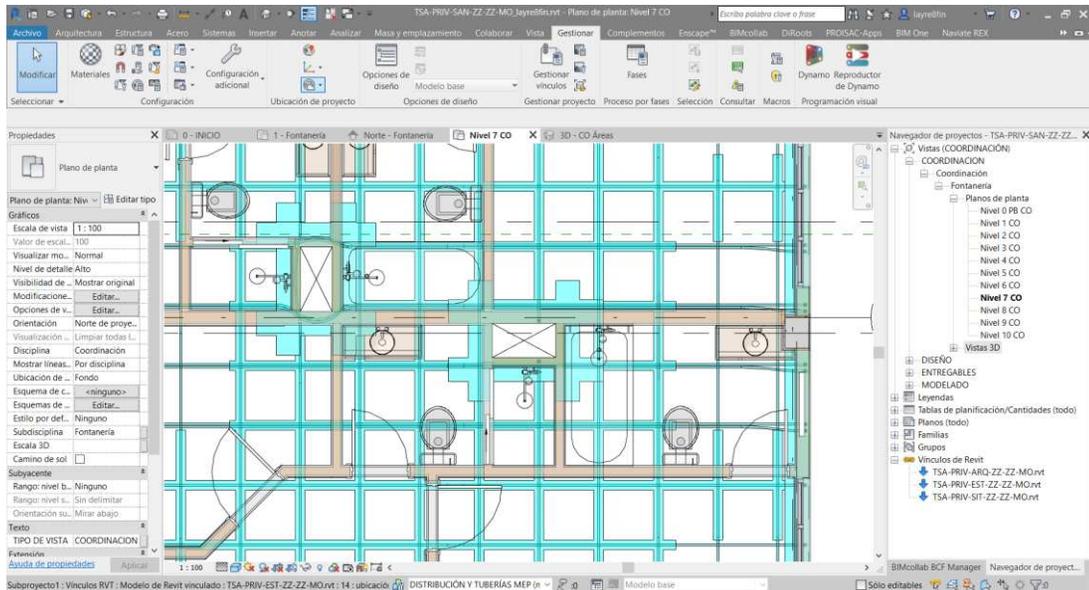


Figura 108 Plantilla de vista para coordinación estructura-sanitaria – Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede apreciar que las bajantes de los inodoros no colisionan con las nervaduras en la losa. De existir una colisión, esta se coordina con los especialistas de arquitectura y estructura para su resolución.

Para la ubicación de los shafts se buscó que los mismos se encuentren cerca de cuartos húmedos y tengan las dimensiones necesarias para el paso de tuberías.

Se definió la altura de cielo falso en una primera instancia tomando en cuenta la mayor distancia entre un aparato sanitario y el shaft más cercano a él. Esta altura se podrá cambiar de acuerdo a requerimiento y coordinación con el modelador BIM de Arquitectura.

### 3.3.5.4.1. Modelado sistema sanitario, pluvial y ventilación.

Se modeló el sistema sanitario y de ventilación tomando en cuenta los diámetros de ramales de descarga descritos en la tabla 2.1 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA). La pendiente de las tuberías fue de 2% para el sistema sanitario y 1% para el sistema de ventilación, además, para el sistema de ventilación se tomó en cuenta la tabla 2.7 del RENISDA para considerar la distancia máxima de una caja interceptora al ramal de ventilación. En esta instancia, el diámetro de bajantes y colectores corresponde al mayor diámetro de los ramales que afluyen a los mismos. Para el sistema pluvial, el modelado es esquemático y tiene el fin de definir la trayectoria que tomará el sistema.

Tabla 2.1. Unidades de Descarga Hidráulica de artefactos sanitarios.

Artefacto sanitario	Unidades de Descarga Hidráulica UD	Ramal de descarga. Diámetro nominal (mm) DN
Inodoro corriente	6	100
Tina de residencial	2	40
Bebedero	0,5	40
Bidet	1	40
Ducha de residencia	2	40
Ducha pública - colectiva	4	40
Lavamanos residencial	1	40
Lavamanos de uso general	2	40
Urinario c/válvula de descarga	6	75
Urinario c/tanque de descarga	5	50
Urinario c/ descarga automática	2	40
Urinario tipo canal corrido p/m.	2	50
Lavaplatos de residencia	3	50
Pileta de servicio	5	75
Pila de cocina industrial - preparación	3	50
Pila de cocina industrial - lavado	4	50
Lavandería	3	40
Máquina de lavar platos	2	50**
Máquina de lavar ropa	3	50**

\*\*Tomar en cuenta recomendaciones del fabricante

Tabla 2.7. Distancia máxima de una caja interceptora al ramal de ventilación

Diámetro nominal del ramal sanitario de descarga (mm) DN	Distancia máxima m
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Figura 109 Tablas 2.1 y 2.7 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA

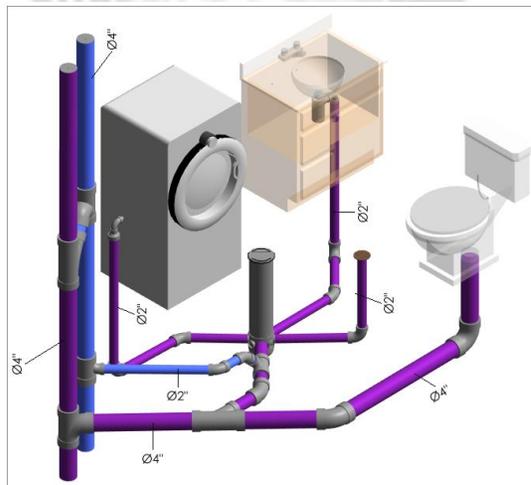


Figura 110 Diseño básico del sistema sanitario y de ventilación – Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el modelado de un baño tipo en donde se recoge los aspectos descritos en el reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA).

### 3.3.5.4.2. Modelado sistema de agua potable.

El modelado del sistema de agua fría y caliente se realizó tomando en cuenta los diámetros especificados en la tabla 1.7 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias

(RENISDA). En esta instancia los diámetros de las tuberías de distribución y montantes son esquemáticos y se encuentran en un nivel de información NDI-2.

Tabla 1.7. Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios

Artefacto sanitario	Diámetro nominal ( DN)	
	Agua Fría	Agua Caliente
	mm	mm
Tina de baño o tina con ducha	15	15
Bidet	15	15
Lavadora automática, doméstica	15	15
Lavaplatos automático, doméstico		15
Bebedero	15	
Grifo de riego	15	
Grifo de riego adicional, por cada unidad	15	
Lavaplatos o pileta de cocina, doméstico	15	15
Lavandería doméstica o pileta de lavado	15	15
Lavamanos o lavatorio	15	15
Pileta de servicio	15	15
Ducha individual	15	15
Ducha de uso continuo	15	15
Urinario c/ válvula de descarga de 3.75 L	20	
Urinario c/ válvula de descarga > a 3.75 L	20	
Inodoro, c/ tanque de gravedad de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/ tanque de hidropresión de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/ válvula de descarga de 6 L	25	
Inodoro c/ tanque de gravedad de 12 L por descarga	15	
Inodoro c/ válvula de descarga de 12 L	25	
Tina de hidromasaje	15	15

Fuente: National Plumbing Code 2006

Figura 111 Tabla 1.7 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA

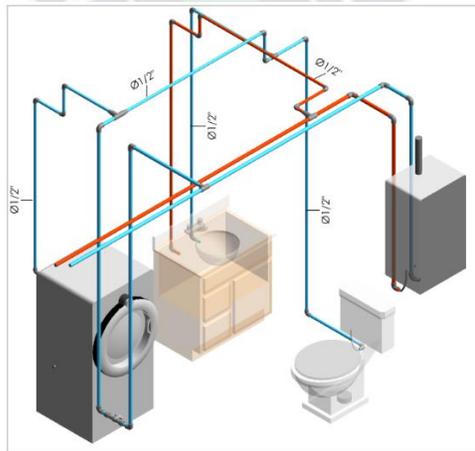


Figura 112 Modelado de agua fría y caliente – Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el modelado del sistema de agua fría y caliente para un baño tipo. Se dispuso que la distribución de tuberías sea por cielo falso para así poder hacer reparaciones con facilidad.

El modelo sanitario en esta etapa se encontrará en un Estado de Avance de la Información de diseño básico y sus entidades tendrán un Nivel de Información como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 49 Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario – Fuente: Elaboración propia

EAIM		Entidades de Modelos	Ejes	Equipos e instalaciones	Equipamiento y tableros MEP	Distribución y tuberías MEP
Información de diseño	DB Diseño Básico		NDI-1	NDI-3	NDI-2	NDI-2

### 3.3.5.5. Diseño a detalle del modelo sanitario

Este estado de avance de la información corresponde a dimensionamiento de los diámetros de los sistemas hidrosanitarios alcanzando un nivel de información NDI-3.

#### 3.3.5.5.1. Diseño hidrosanitario.

Para el diseño hidrosanitario se siguieron las especificaciones del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA). Para cada sistema se tienen los siguientes procesos.

##### a) Sistema de agua fría y caliente

El diseño para el sistema de agua potable consistió en los diseños de acometida, alimentación del tanque elevado, distribución a los departamentos y el diseño de un tanque hidroneumático para la alimentación de la terraza y el Nivel 9.

En términos de diseño, el modelo BIM se utilizó para el cálculo y extracción de pérdidas de carga en tuberías, accesorios y uniones, verificación de velocidades en tuberías y extracción de cotas de las entidades necesarias. Dynamo fue utilizado para la inserción de datos a las entidades y Excel se utilizó para verificaciones de presiones en los diseños.

La asignación de diámetros se hizo tomando en cuenta el criterio de velocidades máximas y mínima en las tuberías según la tabla 1.5 del RENISDA.

Tabla 1.5. Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable

Diámetro nominal DN	Velocidad máxima	Caudal máximo
mm	m/s	L/s
15	1,6	0,2
20	2,0	0,6
25	2,3	1,2
40	2,5	4,0
50	2,5	5,7
60	2,5	8,9
75	2,5	12,0
100	2,5	18,0

Figura 113 Velocidades máximas en tuberías – Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.8. Unidades de Gasto por artefacto sanitario\*. Método de Hunter

Artefacto Sanitario	Viviendas Unifamiliares o de dos Deptos.			Edificios Multifamiliares, con 3 o más Deptos.			Edificios públicos, comerciales.			Edificios de alta ocupación: Teatros, Stadiums, escuelas y similares		
	Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)		
	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente
Tina de baño o lina con ducha	4,0	3,0	3,0	3,5	2,6	2,6	4,0	3,0	3,0			
Bidet	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4						
Lavadora automática (doméstica)	4,0	3,0	3,0	2,5	1,9	1,9	4,0	3,0	3,0			
Máquina automática de lavar platos (doméstico)	1,5		1,5	1,0		1,0	1,5		1,5			
Bebedero	2,5	2,5		2,5	2,5		0,5	0,5		0,8	0,8	
Grifo de riego añadida	1,0	1,0		1,0	1,0		1,0	1,0				
Lavaplatos o pileta de cocina	1,5	1,1	1,1	1,0	0,8	0,8	1,5	1,1	1,1			
Lavaplatos o pileta de cocina exclusivo**	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0			
Lavandería o pileta de lavado	2,0	1,5	1,5	1,0	0,8	0,8	2,0	1,5	1,5			
Lavamanos o Lavatorio	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
Pileta de servicio							3,0	2,3	2,3			
Ducha individual	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5			
Ducha de uso continuo							5,0	3,8	3,8	5,0	3,8	3,8
Urinario c/válvula de descarga de 3,75 L							4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	
Urinario c/válvula de descarga > a 3,75 L							5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	
Inodoro c/ tanque de descarga de 6 L	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	
Inodoro c/ tanque de hidropresión de 6 L	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L	5,0	5,0		5,0	5,0		5,0	5,0	5,0	8,0	8,0	
Inodoro c/ tanque de descarga de 13 L.	3,0	3,0		3,0	3,0		5,5	5,5	5,5	7,0	7,0	
Inodoro c/válvula de descarga de 13 L	7,0	7,0		7,0	7,0		8,0	8,0	8,0	10,0	10,0	
Tina de hidromasaje	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0						

\* Fuente: National Standard Plumbing Code 2006 \*\* En cocinas que no cuentan con máquina de lavar platos

Figura 114 Unidades de gasto por artefactos sanitarios - Fuente: RENISDA

Tomando las unidades de gasto de la figura anterior, se calcularon los caudales según lo especificado en el punto 1.13.4 del RENISDA sobre los caudales máximos de descarga.

$$\begin{array}{ll}
 0,00 < UG < 100 & QMP \text{ (L/s)} = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8,31E-5 * UG^2 \\
 100 \leq UG \leq 500 & QMP \text{ (L/s)} = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55E-7 * UG^2 \\
 500 \leq UG \leq 1\ 000 & QMP \text{ (L/s)} = 1,501666 + 0,005683 * UG
 \end{array}$$

Figura 115 Cálculo de caudales máximos de descarga – Fuente: RENISDA

Utilizando la fórmula de Manning para el cálculo de velocidades se elaboró la siguiente tabla para la verificación de velocidades según diámetro. Se obtiene la siguiente tabla para la asignación de diámetros en función de las unidades de descarga en las tuberías.

Tabla 50 Diámetros de tubería según unidades de gasto – Fuente: Elaboración propia

Ø [plg]	UG MAX
1/2	5
3/4	20
1	43
1 1/4	86
1 1/2	171
2	401
2 1/2	736
3	1000

Se realizó la asignación de diámetros a través de una plantilla de vista y anotaciones dentro del modelo.

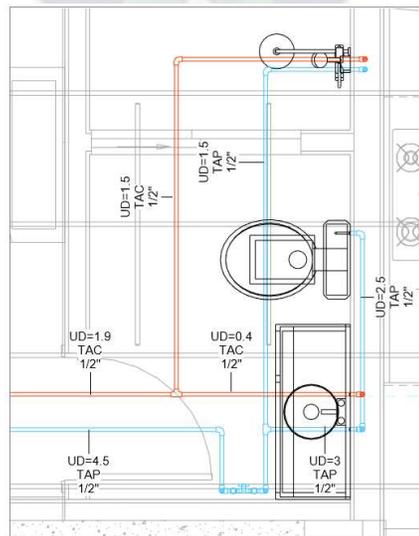


Figura 116 Plantilla de vista para la asignación de diámetros – Fuente: Elaboración propia

Definidos los diámetros en el modelo, se generó un script en Dynamo para la adición de datos a las tuberías, uniones y accesorios de tuberías. Posteriormente, se creó tablas de planificación para hacer la verificación de velocidades en tuberías y para el cálculo de pérdidas de carga.

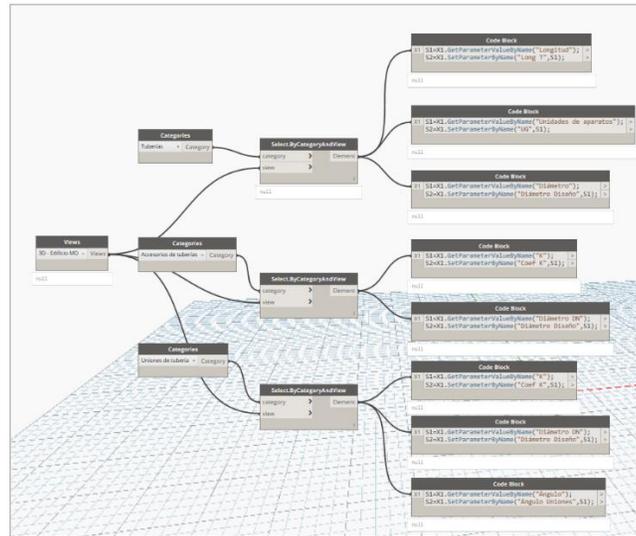


Figura 117 Script Dynamo para adición de datos a tuberías, accesorios y uniones – Fuente: Elaboración propia

<Perdidas Ducha Nivel 8>											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Familia	Long T	UG	Coef K	Diámetro [plg]	Caudal [l/s]	Velocidad [m/s]	OBS	S [m/m]	L eq [m]	Hf T [m]	Hf A [m]
<b>1</b>											
M_Codo - PVC - Serie 40		578	1.250	2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539	3.608		0.139
M_Codo - PVC - Serie 40		578	1.250	2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539	3.608		0.139
M_Codo - PVC - Serie 40		578	1.250	2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539	3.608		0.139
Tipos de tubería	0.19	578		2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539		0.007	
Tipos de tubería	3.53	578		2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539		0.136	
Tipos de tubería	0.51	578		2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539		0.020	
Tipos de tubería	3.48	578		2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539		0.134	
	7.72									0.297	0.417
<b>2</b>											
M_Codo - PVC - Serie 40		75.5	1.250	1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247	2.165		0.091
M_Codo - PVC - Serie 40		75.5	1.250	1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247	2.165		0.091
M_Codo - PVC - Serie 40		75.5	1.250	1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247	2.165		0.091
M_Reductor concéntrico - PVC -		75.5	0.448	1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247	0.775		0.033
M_Te - PVC - Serie 40		578	0.600	2.5	4.79	1.511383	CUMPLE	0.038539	1.732		0.067
Tipos de tubería	0.12	75.5		1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247		0.005	
Tipos de tubería	1.42	75.5		1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247		0.060	
Tipos de tubería	3.72	75.5		1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247		0.157	
Tipos de tubería	0.58	75.5		1.5	1.31	1.149838	CUMPLE	0.042247		0.024	
	5.83									0.246	0.374

Figura 118 Tabla ejemplo usada para el cálculo de pérdidas en tuberías, accesorios y uniones – Fuente: Elaboración propia

## b) Sistema sanitario y ventilación

Se tomaron las unidades de descarga de la tabla 2.1 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA) y el diseño se realizó cumpliendo lo especificado en las tablas 2.3 para ramales sanitarios, 2.4 para bajantes sanitarias y 2.5 para colectores sanitarios. Este control se llevó a cabo en el modelo BIM a través de plantillas de vista específicas y etiquetas que mostraban las unidades de descarga para cada tubería.

Tabla 2.4. Dimensionamiento de bajantes sanitarias

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	No. máximo de Unidades de Descarga Hidráulica UD	
	Edificios hasta 3 pisos	Edificios con más de tres pisos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

Tabla 2.3. Dimensionamiento de ramales sanitarios

Diámetro nominal (mm) DN	Número máximo de UD
40	3
50	6
75	20
100	160

Tabla 2.5. Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	No. máximo de Unidades de Descarga Hidráulica Pendientes mínimas %			
	0,5	1	2	4
100		180	216	250
150		700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Figura 119 Tablas 2.3,2.4 y 2.5 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias Fuente: RENISDA

Para el sistema de ventilación se tomaron en cuenta las tablas 2.6 para el dimensionamiento de columnas de ventilación y 2.8 para los ramales de ventilación. El proceso consiste en visualizar las unidades de descarga de las tuberías necesarias y cumplir con el diámetro especificado en las tablas del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA). Este control se llevó a cabo en el modelo BIM a través de plantillas de vista específicas y etiquetas que mostraban las unidades de descarga para cada tubería.

Tabla 2.6. Dimensionamiento de columnas y colectores múltiples de ventilación

Diámetro nominal de la bajante sanitaria o ramal sanitario (mm) DN	Unidades de Descarga Hidráulica ventiladas UD	Diámetro nominal mínimo de la tubería de ventilación (mm) DN								
		40	50	60	75	100	150	200	250	300
Longitud máxima permitida m										
40	8	46								
40	10	30								
50	12	23	61							
50	20	15	46							
75	10	13	46	110	317					
75	21	10	33	82	247					
75	53	8	29	70	207					
75	102	8	26	64	189					
100	43	-	11	26	76	299				
100	140	-	8	20	61	229				
100	320	-	7	17	52	195				
100	530	-	6	15	46	177				
150	500	-	-	-	10	40	305			
150	1 100	-	-	-	8	31	238			
150	2 000	-	-	-	7	26	201			
150	2 900	-	-	-	6	23	183			
200	1 800	-	-	-	10	73	286			
200	3 400	-	-	-	7	57	219			
200	5 600	-	-	-	6	49	186			
200	7 600	-	-	-	5	43	171			
250	4 000	-	-	-	-	24	94	293		
250	7 200	-	-	-	-	18	73	225		
250	11 000	-	-	-	-	16	60	192		
250	15 000	-	-	-	-	14	55	174		
300	7 300	-	-	-	-	9	37	116	287	
300	13 000	-	-	-	-	7	29	90	219	
300	20 000	-	-	-	-	6	24	76	186	
300	26 000	-	-	-	-	5	22	70	152	

Tabla 2.8 Dimensionamiento de ramales de ventilación

Grupo de artefactos sanitarios sin inodoros		Grupo de artefactos sanitarios con inodoros	
No de Unidades de Descarga Hidráulica UD	Diámetro nominal del ramal de ventilación (mm) DN	No de Unidades de Descarga UD	Diámetro nominal del ramal de ventilación (mm) DN
Hasta 12	40	Hasta 17	50
13 - 18	50	18 - 60	75
19 - 36	75		

Figura 120. Tablas 2.6 y 2.8 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias - Fuente: RENISDA

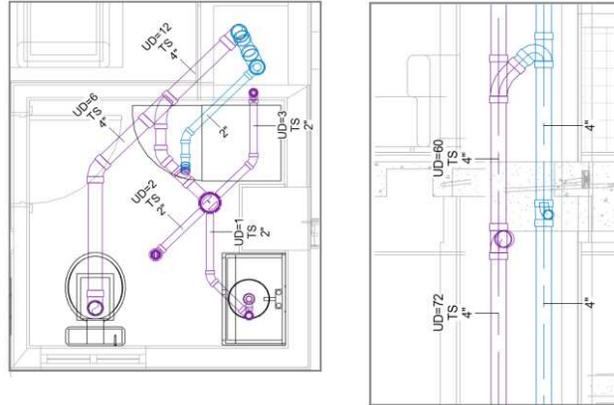


Figura 121. Plantilla de vista utilizada para el diseño de colectores y bajantes sanitarias - Fuente: Elaboración propia

### c) Sistema pluvial

Teniendo el trazo del sistema pluvial, la asignación de diámetros se realizó cumpliendo las tablas 3.2 y 3.5 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias (RENISDA).

Tabla 3.2. Intensidad de lluvias en principales ciudades de Bolivia. Duración 10 min.

Ciudad	Periodo de Retorno en Años					
	T = 2		T = 5		T = 10	
	i(mm/h)	i(L/s/m2)	i(mm/h)	i(L/s/m2)	i(mm/h)	i(L/s/m2)
La Paz	30	0,008	41	0,011	52	0,014
El Alto	29	0,008	35	0,010	41	0,011
Santa Cruz	86	0,024	111	0,031	135	0,037
Cochabamba	37	0,010	46	0,013	54	0,015
Trinidad	116	0,032	144	0,040	170	0,047

Fuente: SENAMHI 2010.

Tabla 3.5. Bajantes de aguas pluviales

Diámetro nominal de la bajante (mm) DN	Intensidad de la lluvia en mm/h					
	60	75	100	125	150	200
mm	Área servida en proyección horizontal (m2)					
75	128	85	64	51	43	32
100	257	171	129	103	86	64
150	686	457	343	274	229	172
200	1 377	918	688	551	459	344

Fuente: Aplicación de la fórmula

Figura 122 Tablas 3.2 y 3.5 del reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias - Fuente: RENISDA

Las áreas para las bajantes se calcularon en el modelo BIM a partir de etiquetas según la siguiente figura.

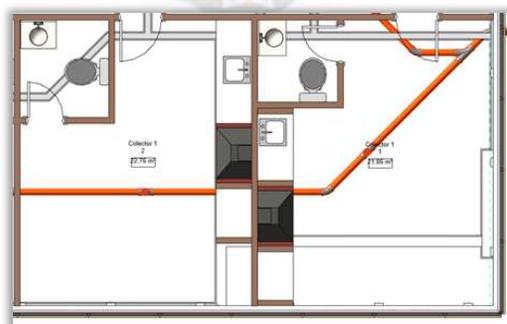


Figura 123 Áreas de aporte pluvial en terraza – Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5.5.2. Detección de interferencias Instancia 1

Esta detección de interferencias se realizó en el programa Revit a través de su sistema de detección de interferencias en donde se realizaron los siguientes análisis:

- Tuberías, accesorios y uniones vs Tuberías, accesorios y uniones

Estas interferencias se corrigieron dentro del modelo BIM teniendo como prioridad al sistema sanitario y ventilación. La finalidad de este análisis es lograr que el modelo hidrosanitario no tenga colisiones consigo mismo.

- Tuberías, accesorios y uniones vs Vigas – Columnas - Muros

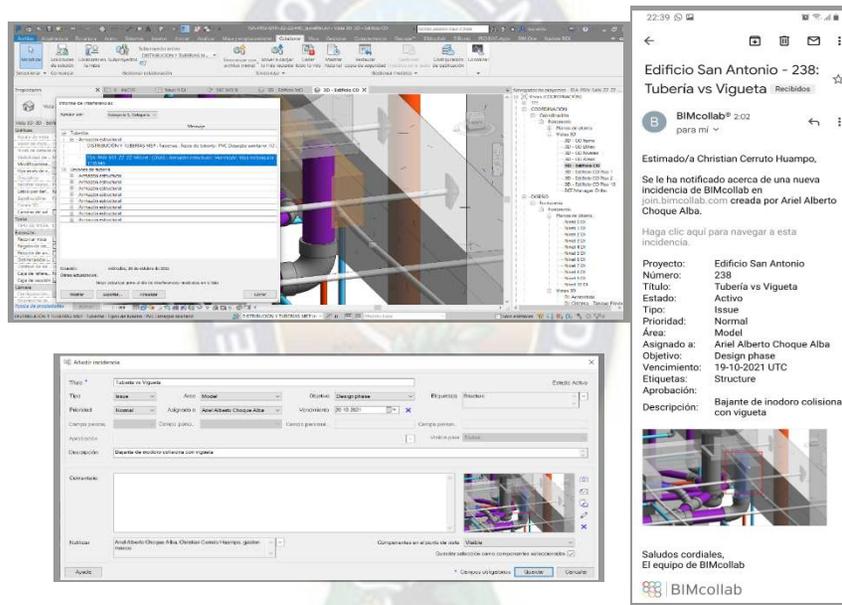


Figura 124. Reporte de incidencias en BIMCollab - Fuente: Elaboración Propia

Estas incidencias se reportaron en BIMCollab para ser coordinadas con el especialista en estructuras. Las correcciones se realizan teniendo como prioridad a la estructura

En la figura anterior se esquematiza la generación de reportes de incidencias en BIMCollab. Una vez generada la incidencia, esta será archivada en el proyecto de BIMCollab y los actores del proyecto involucrados en el conflicto serán notificados mediante correo electrónico.

### 3.3.5.6. Incorporación de parámetros a las entidades

Teniendo los requerimientos de los usos BIM establecidos, se realizó la incorporación de los mismos al modelo BIM. Esta introducción de datos se realizó mediante tablas de planificación.

<TSA-PRIV-SAN-XX-PT-Aparatos sanitarios>		
A	B	C
Nota clave	Tipo	Recuento
IS0401	AparatoSanitario_Inodoro_PorcelanaCap6L_Privado	87
IS0402	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.60x0.40m	1
IS0403	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.73x0.455m	15
IS0404	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.80x0.40m	2
IS0405	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_1.0x0.4m	55
IS0406	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolnioxidable_DoblePozo_1.0x0.535m	15
IS0407	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolnioxidable_1Pozo_0.455x0.455m AF	8
IS0408	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolnioxidable_DoblePozo_1.0x0.535m AF	1
IS0409	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolnioxidable_1Pozo_0.455x0.455m	9
IS0410	AparatoSanitario_Urinario_Porcelana_Privado	2
IS0411	Tanque de Agua	1
IS0416	Caja de Medidores 0.6X0.8 M	6
IS0417	Cámara de inspección 1.2x0.8m	2
IS0418	AparatoSanitario_Ducha_Acerolnioxidable_Privado	50
IS0419	AparatoSanitario_Bañera_PVC_1.75x0.83m	1
IS0419	AparatoSanitario_Bañera_PVC_1.75x0.85m	14
IS0420	Tanque elevado de HA	1
IS0424	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.455x0.60m	13
IS0425	Caja de Medidores 0.6X0.6 M	3
IS0426	Caja de Medidores 0.6X0.4 M	1

Figura 125 Tabla de planificación para adición de parámetros en aparatos sanitarios – Fuente: Elaboración propia

En la figura se aprecia la tabla para la adición de notas clave en los aparatos sanitarios, los requerimientos de notas clave serán desarrollados en el uso BIM de estimación de cantidades y costos. El modelo sanitario en esta etapa se encontrará en un Estado de Avance de la Información de diseño a detalle y sus entidades tendrán un Nivel de Información como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 51 Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño a detalle – Fuente: Elaboración propia

Información de diseño	EAIM	Entidades de Modelos	Ejes	Equipos e instalaciones	Equipamiento y tableros MEP	Distribución y tuberías MEP
	DD Diseño a Detalle			NDI-1	NDI-3	NDI-3

### 3.3.5.7. Generación de entregables BIM.

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- *Modelos*

Tabla 52. Entregables BIM del modelo sanitario: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO SANITARIO	RVT (*.rvt)	TSA-SAN-SANITARIO	-	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO
MODELO SANITARIO	IFC (*.ifc)	TSA-SAN-SANITARIO	IFC	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO
MODELO SANITARIO	NWC (*.nwc)	TSA-SAN-SANITARIO	COORDINACION	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO

### Planos

Tabla 53. Entregables BIM del modelo sanitario: Planos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO EN EL CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
Planta Tipo Nivel 4 - 9 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-PL-001-Agua Fría y Caliente
Planta Tipo Nivel 4 - 9 Desagüe Sanitario y Ventilación	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-PL-002-Desagüe Sanitario y Ventilación
Planta Tipo Nivel 2 - 3 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-PL-003-Agua Fría y Caliente
Planta Tipo Nivel 2 - 3 Desagüe Sanitario y Ventilación	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-PL-004-Desagüe Sanitario y Ventilación
Planta Nivel 1 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-01-PL-005-Agua Fría y Caliente
Planta Nivel 1 Desagüe Sanitario y Ventilación	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-01-PL-006-Desagüe Sanitario y Ventilación
Planta Nivel 10 Sistema de agua fría	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-10-PL-007-Agua Fría
Planta Nivel 10 Desagüe Sanitario y Ventilación	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-10-PL-008-Desagüe Sanitario y Ventilación
Detalles Hidrosanitarios Nivel 4 - 9 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-DH-010-Agua Fría y Caliente
Detalles Hidrosanitarios Nivel 2 - 3 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-ZZ-DH-012-Agua Fría y Caliente
Detalles Hidrosanitarios Nivel 1 Sistema de agua fría y caliente	dwg	TSA-SAN-SANITARIO	DOCUMENTOS	ZZ-01-DH-013-Agua Fría y Caliente

<i>Detalles Hidrosanitarios Nivel 0 Sistema de agua fría y caliente</i>	<i>dwg</i>	<i>TSA-SAN- SANITARIO</i>	<i>DOCUMENTOS</i>	<i>ZZ-00-DH-014-Agua Fría y Caliente</i>
---	------------	-------------------------------	-------------------	--

## Documentos

Tabla 54. Entregables BIM del modelo sanitario: Cómputos métricos - Fuente: Elaboración propia

COMPUTOS METRICOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
DOCUMENTOS	XLSX (* .xlsx)	TSA-SAN- SANITARIO	DOCUMENTOS	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-PT





### 3.3.6.2. Crear archivo central y copia local

Se procederá a generar el archivo central y copia local como lo indicado en el punto 3.2.3.

Tabla 55. Ubicación del archivo central y copia local del modelo de gas - Fuente: Elaboración Propia

Modelo BIM	Ubicación	Nombre de la carpeta	Tipo de archivo	Nombre del archivo (.rvt)
GAS	CDE	TSA-GAS-GAS	Archivo Central	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.rvt
	ORDENADOR	ARCHIVOS LOCALES	Copia Local	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO_chrisccerruto.rvt

### 3.3.6.3. Adquirir las coordenadas del vínculo y establecer el punto base del proyecto

En el software Revit, en el archivo local del modelo de gas, se vinculó el archivo central del modelo arquitectónico TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.rvt, se adquirieron las coordenadas de dicho vínculo y se estableció las coordenadas del punto base del proyecto indicado en el Plan de Ejecución BIM. Posteriormente se vincularon los demás modelos disponibles en el Entorno de Datos Compartidos, estos fueron: el modelo sanitario, estructural, sitio y volumétrico. Del modelo arquitectónico se crearon copias supervisadas de los niveles ya establecidos.

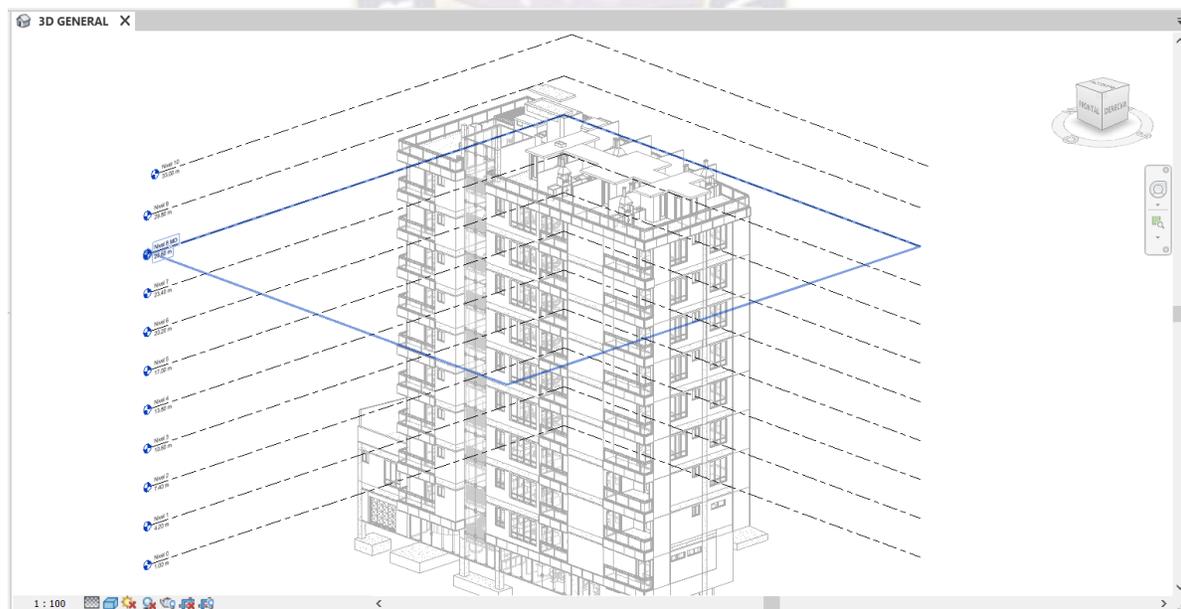


Figura 127. Vínculo del modelo arquitectónico y estructural, sanitario y copia supervisada de niveles en el modelo de gas – Fuente: Elaboración propia

### 3.3.6.4. Localizar los artefactos que consumen gas natural

Se crearon copias supervisadas de los artefactos a ser abastecidos con gas natural (cocinas y calefones) de los modelos vinculados.

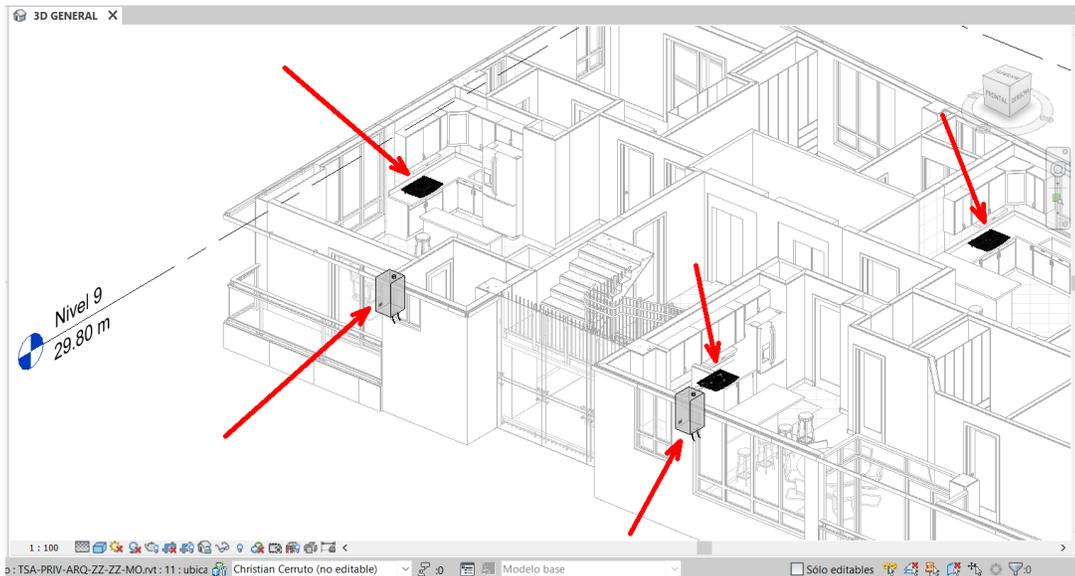


Figura 128. Copia supervisada de artefactos a ser abastecidos de gas en el modelo de gas - Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.6.5. Modelado básico del sistema de gas

Primeramente, se crearán los subproyectos en los cuales estarán alojados las entidades que conformarán el modelo arquitectónico. Estas entidades son:

- Ejes
- Distribución y Tuberías MEP
- Equipamiento y Tableros MEP

#### 3.3.6.5.1. Marco normativo

Mediante el decreto supremo N°1996, 15 de mayo de 2014 de Estado Plurinacional de Bolivia en el reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas, establece en su artículo 22° que la instalación, operación y parámetros de seguridad de las Instalaciones Internas domiciliarias y comerciales deberán ser realizadas cumpliendo lo estipulado en el ANEXO 5: Instalaciones de Categorías Doméstica y Comercial de Gas Natural.

#### 3.3.6.5.2. Trazado de tuberías

Las tuberías fueron trazadas en elevación (Vistas o aéreas) entre el cielo falso y la losa estructural.

Se tomaron las consideraciones que indica el Anexo 5: Instalaciones de Categorías Doméstica y Comercial de Gas Natural en su capítulo III, entre estas están:

- a) Está prohibido tomar y/o cruzar:
- i) Los conductos de evacuación de los productos de la combustión.
  - ii) Los conductos de ventilación.
  - iii) Los conductos de caída de correo y de basura doméstica.
  - iv) Las cajas de ascensores.
  - v) Los ambientes de maquinarias de ascensores o montacargas, bombas de sistemas sanitarios.
  - vi) Los tanques y depósitos que contienen combustibles líquidos o agua.
  - vii) Las salas de caldera, salvo para las cañerías necesarias para su funcionamiento.
- b) Está prohibido tomar los vacíos entre las paredes (muros o tabiques).
- c) Las tuberías no deben estar en contacto con cualquier otra, incluyendo las eléctricas. En caso de no ser posible, se deberá aislar por completo la tubería de Gas encamisándola con una tubería de PVC en la zona de contacto.

Se modelaron tuberías uniones, accesorios, equipos e instalaciones en un nivel de información NDI-2. El diámetro de las tuberías no tuvo relevancia en esta etapa del modelado. Los parámetros a utilizar durante esta etapa del modelado fueron:

Tabla 56. Parámetros de Entidades del modelo de gas - Fuente: Elaboración Propia

Entidad	Parámetro	
Tuberías	Material	Acero Inoxidable
Uniones	Longitud	Variable
Accesorios	Tipo de sistema	Sistema de Gas
	Nivel	Variable
Equipos e instalaciones	Material	Variable
	Tipo de sistema	Sistema de Gas
	Nivel	Variable

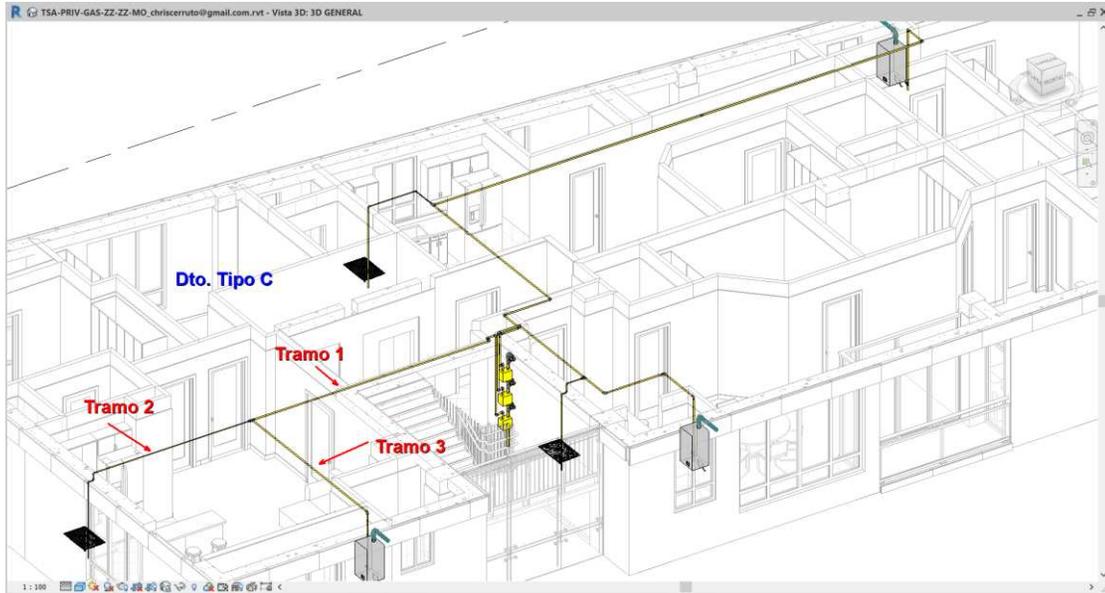


Figura 129. Modelado básico del sistema de gas en el nivel 9 para los departamentos A, B y C - Fuente: Elaboración propia.

Se extrajeron tablas de longitudes de tuberías por nivel, departamento, tramo y montante.

<LONGITUD DE TUBERIAS POR TRAMOS>				
A	B	C	D	E
Nivel del Elemento	Departamento	Tramo de tubería	Tipo de sistema	Longitud
Nivel 4	Departamento C	1	Sistema de Gas - Suministro	7.78 m
				7.78 m
Nivel 4	Departamento C	2	Sistema de Gas - Suministro	5.51 m
				5.51 m
Nivel 4	Departamento C	3	Sistema de Gas - Suministro	5.51 m
				5.51 m

<NUMERO DE UNIONES POR TRAMOS>					
A	B	C	D	E	F
Nivel del Elemento	Departamento	Tramo de tubería	Unión	Tipo de sistema	Recuento Cómputo
Nivel 4	Departamento C	1	Codo	Sistema de Gas - S	5
					5
Nivel 4	Departamento C	1	Te	Sistema de Gas - S	1
					1
					6
Nivel 4	Departamento C	2	Codo	Sistema de Gas - S	3
					3
Nivel 4	Departamento C	2	Reducto	Sistema de Gas - S	1
					1
					4
Nivel 4	Departamento C	3	Codo	Sistema de Gas - S	1
					1
					1

Figura 130. Tabla de longitudes de tuberías y recuento de uniones del sistema de gas para el departamento tipo C - Fuente: Elaboración propia.

El modelo de gas en esta etapa se encontrará en un Estado de Avance de la Información de diseño Básico y sus entidades tendrán un Nivel de Información como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 57: Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño básico - Fuente: Elaboración Propia

<b>EAIM</b>		<b>Entidades de Modelos</b>	Ejes	Distribución y Tuberías MEP	Equipamiento y Tableros MEP
Inf. De Diseño	DB Diseño Básico				

### 3.3.6.6. ¿Requiere modificaciones por coordinación?

El modelo de gas se modificará si es necesario, y si así lo requiere el Coordinador BIM. Es en esta etapa en la cual las tuberías, equipos e instalaciones de gas deberán evitar tener colisiones con las demás disciplinas, ya que son prioridad el modelo estructural, arquitectónico y sanitario.

### 3.3.6.7. Determinación de la potencia necesaria de los artefactos.

#### 3.3.6.7.1. Potencia del calefón

El aparato encargado de calentar el agua sanitaria será un equipo instantáneo. Se trata básicamente de un intercambio de calor.

- Fluido que aporta calor: Humos de combustión.
- Fluido que recibe calor: Agua.

El equipo a utilizar es de la marca VulKan cuyas especificaciones técnicas están en base a su capacidad en litros.

DATOS TECNICOS			
CARACTERISTICAS	Vulkan 22 Litros	Vulkan 26 Litros	Vulkan 30 Litros
Dimensiones (mm)	835 alto, 435 ancho, 405 profundidad	835 alto, 435 ancho, 405 profundidad	835 alto, 435 ancho, 465 profundidad
Peso	26 Kg.	26 Kg.	28 Kg.
Conexiones conducto salida gas	7" (178 mm)	7" (178 mm)	7" (178 mm)
Conexiones de agua	R 1/2"	R1/2"	R1/2"
Conexiones de gas	R 3/4"	R 3/4"	R 3/4"
Presión dinámica de gas	GLP 2,75 kPa – GN 1,84 kPa	GLP 2,75 kPa – GN 1,84 kPa	GLP 2,75 kPa – GN 1,84 kPa
Potencia Nominal	38,40 kW (33.024 kcal/h)	45,3 kW (39.958 kcal/h)	52,32 kW (45.000 kcal/h)
Consumo Nominal	45,68 kW (39.285 kcal/h)	53 kW (45.580 kcal/h)	62,28 kW (53.560 kcal/h)
Presión Mínima de Agua	0,2 kg/cm <sup>2</sup>	0,2 kg/cm <sup>2</sup>	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Presión Máxima de Agua	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>
Caudal Mínimo de agua	6 litros/min	6 litros/min	6 litros/min

Figura 131. Especificaciones técnicas de los calefones Vulkan - Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el cálculo para la determinación de la potencia del calefón y el equipo a utilizar.

PROYECTO	Torre San Antonio
NIVEL	4 a 9
DEPARTAMENTO	A-B-C

1. DETERMINACION DE CAUDAL				
1.1. Determinación de caudal total general				
Nº	Ítem	Cantidad n	Caudal [lt/min]	Caudal total [lt/min]
1	Ducha	2	12	24
2	Lavamanos	3	1	3
3	Lavaplatos	1	4	4
TOTAL		6		31

1.2. Determinación factor de simultaneidad	
Factor de simultaneidad k	0,447
1.3. Determinación caudal simultaneo	
Caudal simultaneo [lt/min]	13,864
2. DETERMINACION DE POTENCIA REQUERIDA	
2.1. Determinación potencia útil	
Salto térmico [°C]	30,000
Potencia útil [KW]	29,024
2.2. Determinación potencia útil a nivel de La Paz	
Factor de altura	0,775
Potencia útil La Paz [KW]	37,450
2.3. Determinación rendimiento del equipo	
Calefón Vulkan 22L	
Potencia útil equipo [KW]	38,400
Potencia absorbida del equipo [KW]	45,680
Rendimiento equipo [%]	84,063
2.4. Determinación potencia absorbida	
Potencia absorbida [KW]	44,550
2.5. Determinación cantidad de equipos	
Calefón Vulkan 22L	
Potencia absorbida del equipo [KW]	45,680
Cantidad de Equipos	0,975 1

$f =$  factor de corrección de potencia por altura  
 $P_{atm\ nom} = 1,013\ mbar$   
 $p\ regulada = 19\ mbar$

Ciudad	Altura <sup>1</sup> snm (m)	P atmosférica (mbar)	T ambiente <sup>1,2</sup>		factor f
			°C	°K	
Potosí	4.070	611	16	289	0,759
El Alto	4.000	616	15	288	0,764
Oruro	3.709	640	19	292	0,773
La Paz	3.640	646	20	293	0,775
Sucre	2.790	720	20	293	0,817
Cochabamba	2.558	741	27	300	0,819
Tarija	1.866	808	26	299	0,855
Santa Cruz	416	964	29	302	0,928
Trinidad	236	985	31	304	0,935
Cobija	221	987	31	304	0,936

<sup>1</sup> Para Presiones reguladas hasta 23 mbar, reemplazar en la fórmula correspondiente.

DATOS TECNICOS			
CARACTERISTICAS	Baños 22 Litros	Baños 28 Litros	Baños 38 Litros
Dimensiones (cm)	830 (an) 400 (profundidad)	830 (an) 400 (profundidad)	830 (an) 400 (profundidad)
Peso	28 Kg.	28 Kg.	28 Kg.
Conexiones conducto salida gas	2" (1/2 mm)	2" (1/2 mm)	2" (1/2 mm)
Conexiones de agua	R 1/2"	R 1/2"	R 1/2"
Presión dinámica de gas	0,2 P 2,75 MPa - 0,8 1,84 MPa	0,2 P 2,75 MPa - 0,8 1,84 MPa	0,2 P 2,75 MPa - 0,8 1,84 MPa
Potencia Nominal	38,40 kW (163.000 kcal/hr)	45,3 kW (193.000 kcal/hr)	52,32 kW (223.000 kcal/hr)
Presión Mínima de Agua	0,2 kg/cm <sup>2</sup>	0,2 kg/cm <sup>2</sup>	0,2 kg/cm <sup>2</sup>
Presión Máxima de Agua	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>
Caudal Mínimo de agua	6 litros/min.	6 litros/min.	6 litros/min.

Figura 132. Cálculo de la potencia requerida del calefón - Fuente: Elaboración propia.

Realizando los mismos cálculos para los demás departamentos se tiene:

Tabla 58. Potencia de calefón para los departamentos tipo A B C D E F - Fuente: Elaboración Propia

Departamento	Calefón	Potencia absorbida por el equipo [KW]
A-B-C-D-E-F	Vulkan 22 L	46

### 3.3.6.7.2. Potencia de la cocina

Se asumirá una potencia requerida de 10KW.

### 3.3.6.8. Diseñar el sistema de gas y el sistema de ventilación

#### 3.3.6.8.1. Tipo de Instalación

El tipo de instalación será como determina el siguiente esquema:

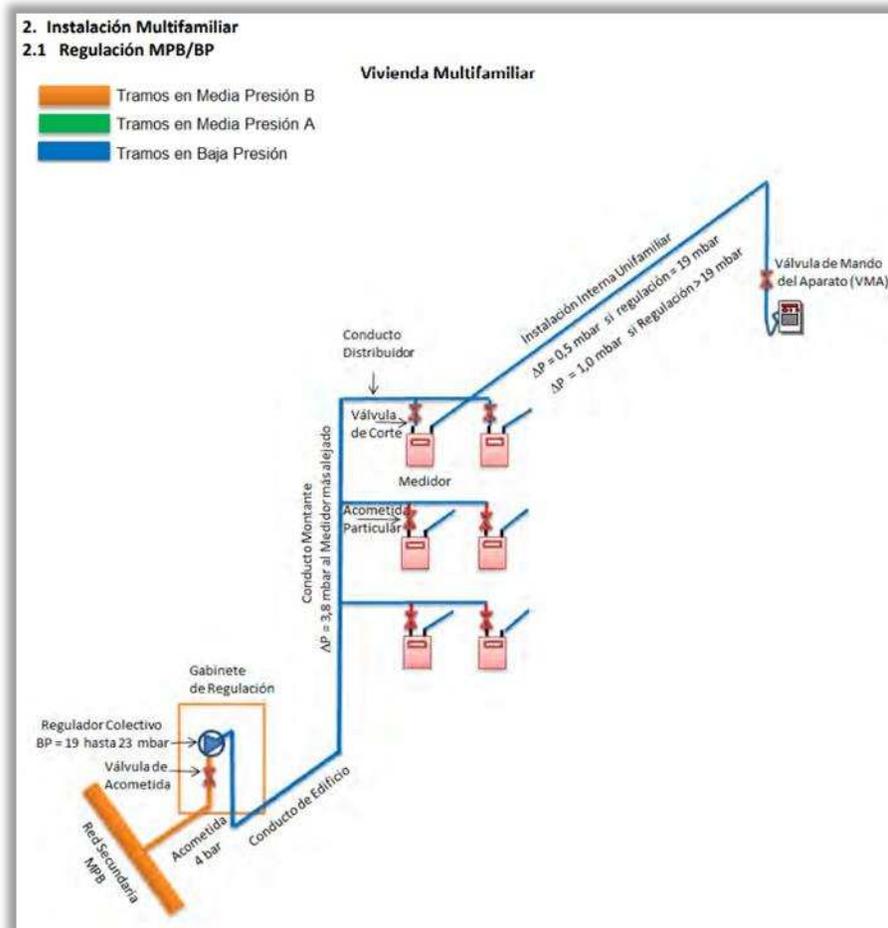


Figura 133. Esquema de instalación multifamiliar regulación MPB/BP. Extraído del ANEXO 5: Instalaciones de Categorías Doméstica y Comercial de Gas Natural. Fuente: Reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas.

### 3.3.6.8.2. Instalación interna unifamiliar departamento tipo C

El diseño se estableció para tramos de baja presión (BP) con una pérdida de carga de 1 mbar para todos los departamentos tipo, del edificio.

Se determinó la longitud de tubería principal y secundaria, ambas medidas desde el medidor de gas hasta el aparato al que alimenta. Las longitudes de tubería, recuento de uniones y tramos de tubería pueden verse en la Figura 130. Tabla de longitudes de tuberías y recuento de uniones del sistema de gas para el departamento tipo C - Fuente: Elaboración propia..

En la siguiente tabla se describen las longitudes totales de los tramos considerando las uniones las uniones de tuberías con longitudes equivalentes.

Tabla 59: Determinación de la longitud de la tubería principal y secundaria del departamento tipo C - Fuente: Elaboración Propia

	Codos		Te		Reductor		LT [m]	
	L [m]	Nº	Lequi [m]	Nº	Lequi [m]	Nº		Lequi [m]
Tramo 1	7,78	5	0,9	0	0	0	0	12,28
Tramo 2	5,51	3	0,9	1	0,27	0	0	8,48
Tramo 3	5,51	1	0,9	1	1,5	0	0	7,91

Nota: Para las longitudes equivalentes de uniones se asumirá el diámetro de 1"

Tramo 1+ Tramo 2	20,76	Tubería principal
Tramo 1+ Tramo 3	20,19	Tubería secundaria

Los tramos de tubería se dimensionaron usando el ábaco de cálculo de tuberías dirección aguas abajo del medidor de abonado (unifamiliar o departamento) presentado en anexo 5 del reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas.

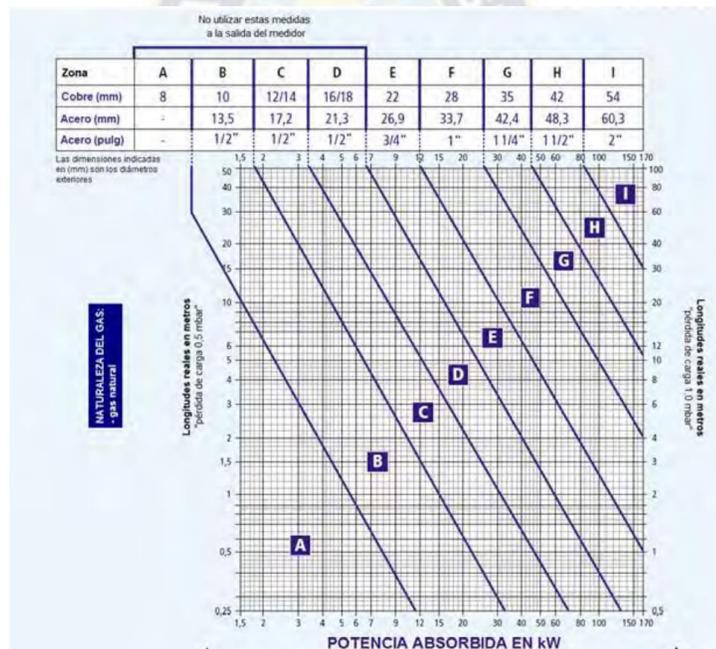


Figura 134. Abaco de cálculo de tuberías dirección aguas abajo del medidor de abonado (unifamiliar o departamento) - Fuente: Reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas.

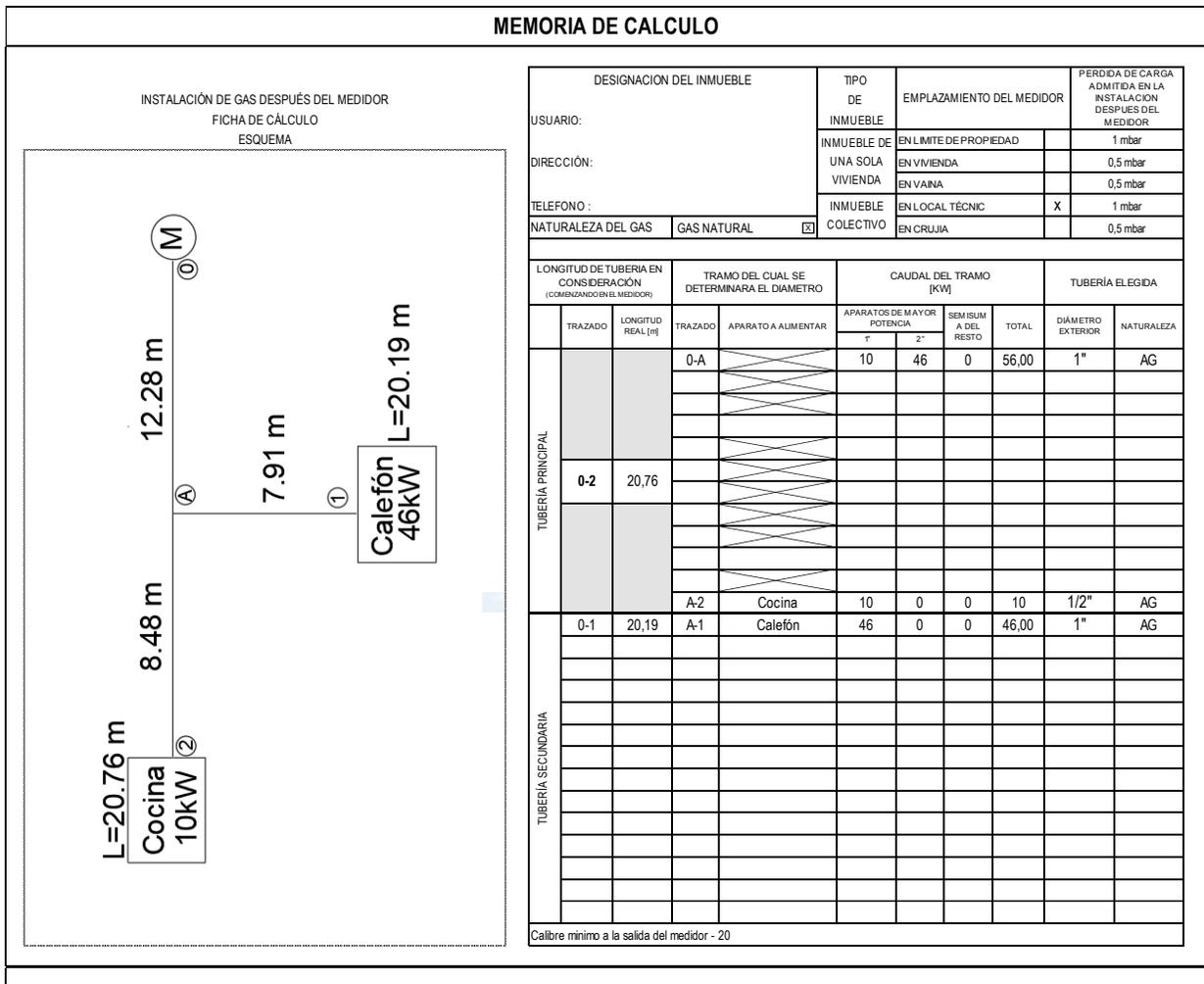


Figura 135. Ficha de cálculo para tuberías aguas abajo del medidor para baja presión, departamento tipo C – Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se realizó el cálculo del dimensionamiento de tuberías para los departamentos tipo A, B, D, E y F.

### 3.3.6.8.3. Conducto Montante

El conducto montante se dimensiono tomando en cuenta la fórmula de Renouard como se muestra a continuación:

**CALCULO TUBERIA MONTANTE REGULACION MPB/BP**

**Cálculo del caudal de simultaneidad por departamento**

	Q <sub>A</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]	Q <sub>B</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]	Q <sub>m</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]	Q <sub>S</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]
Departamento A	4,18	0,91	0	5,09
Departamento B	4,18	0,91	0	5,09
Departamento C	4,18	0,91	0	5,09
Departamento D	4,82	0,91	0	5,73
Departamento E	4,18	0,91	0	5,09
Departamento F	4,18	0,91	0	5,09

**Cálculo del caudal de simultaneidad por nivel**

	n° Dto	Dto A	Dto B	Dto C	Dto D	Dto E	Dto F	Q <sub>SL</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]
Nivel 9	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 8	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 7	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 6	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 5	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 4	3	5,09	5,09	5,09	-	-	-	15,27
Nivel 3	2	-	-	5,09	5,73	-	-	10,82
Nivel 2	2	-	-	5,09	5,73	-	-	10,82
Nivel 1	2	-	-	-	-	5,09	5,09	10,18
Total Dto	24	Total Q <sub>SL</sub> [m <sup>3</sup> (s)/h]						123,45

**Cálculo del caudal total de uso simultaneo Q<sub>C</sub> [m<sub>3</sub>(s)/h]**

Factor de simultaneidad S<sub>N</sub> 0,38

Caudal de uso simultaneo total del edificio Q<sub>C</sub> [m<sub>3</sub>(s)/h] 46,9

**Cálculo del diámetro de tubería de montante de 19 mbar hasta 23 mbar**

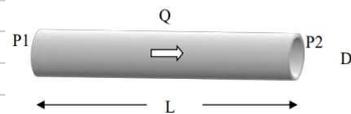
Perdida admisible desde el regulador colectivo hasta el medidor mas lejano ΔP [mbar] 3,8

Longitud real de tubería L<sub>R</sub> [mbar] 45,37

Longitud equivalente de tubería L<sub>e</sub> [mbar] 54,444

Densidad relativa del gas d<sub>r</sub> [ ] 0,62

**Diámetro de tubería mediante la formula de Renouard**



$$P_1 - P_2 = 23200 d_r L_e \frac{Q^{1,82}}{D^{4,82}}$$

D [mm] 54,14613

D [plg] 2,131738

Diámetro comercial

D [plg] 2 1/2

Figura 136. Cálculo de la tubería montante desde el regulador de presiones - Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.6.8.4. Sistema de ventilación

La ventilación requerirá: una entrada de aire y una salida de la misma junto con los gases de combustión producidos por los artefactos.

La entrada de aire debe estar protegida por una rejilla.

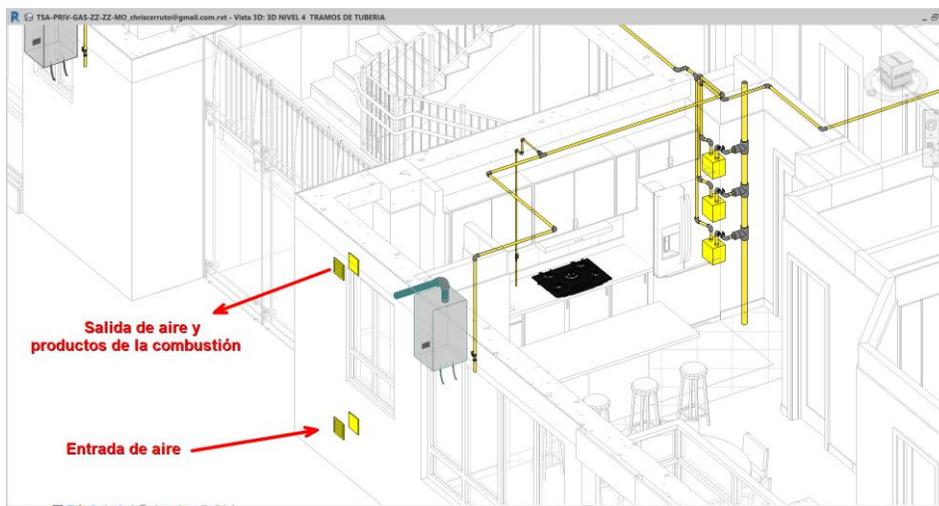


Figura 137. Entrada de aire y salida de la misma junto con los gases de combustión para el departamento tipo A - Fuente: Elaboración propia.

#### 3.3.6.9. Modelado a detalle del diseño del sistema de gas

A las entidades del modelo de gas se añadieron los parámetros obtenidos en el diseño, como ser el diámetro de las tuberías, longitudes comerciales (6m), accesorios y equipos e instalaciones.

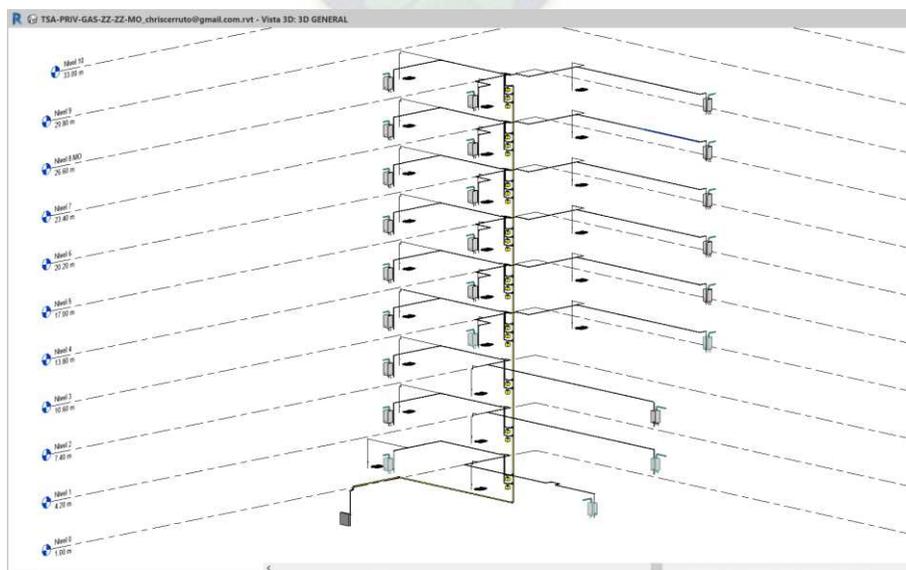


Figura 138. Sistema de gas del edificio Torre San Antonio-Modelo a detalle. - Fuente: Elaboración propia.

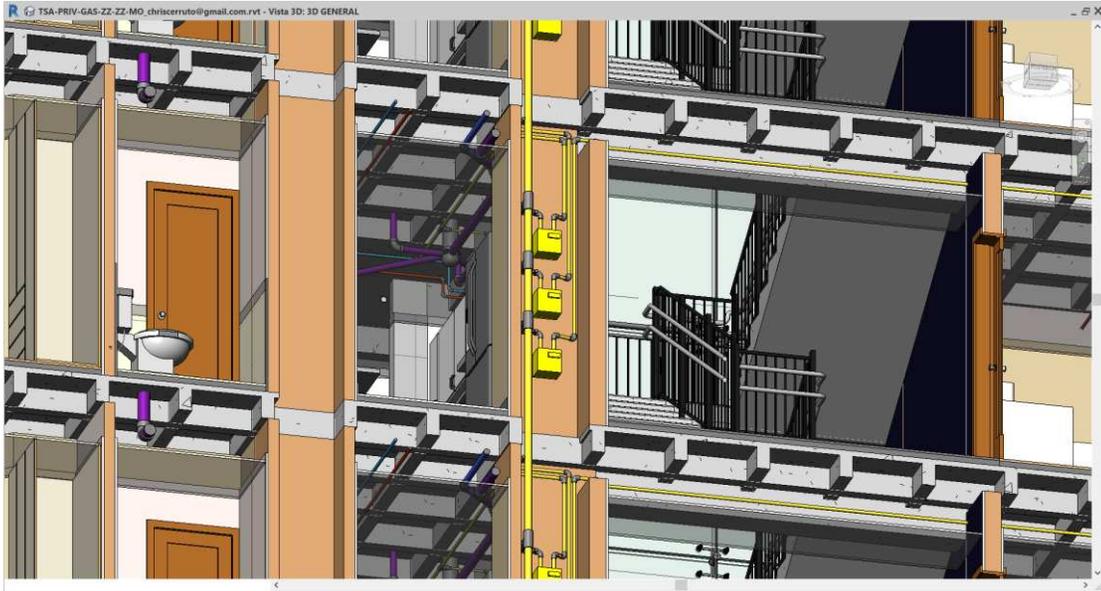


Figura 139. Montante, medidores y desviaciones hacia los departamentos del sistema de gas-Modelo a detalle – Fuente: Elaboración propia

El modelo de gas en esta etapa se encontrará en un Estado de Avance de la Información de Diseño a Detalle y sus entidades tendrán un Nivel de Información como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 60. Estado de avance de la información y niveles de información del modelo sanitario a diseño a detalle – Fuente: Elaboración propia

EAIM		Entidades de Modelos	Ejes	Distribución y Tuberías MEP	Equipamiento y Tableros MEP
Inf. De Diseño	CD Diseño a Detalle		NDI-1	NDI-3	NDI-3

### 3.3.6.10. Generar entregable BIM

Los entregables solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- Modelos

Tabla 61. Entregables BIM del modelo de gas: Modelos - Fuente: Elaboración propia

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO DE GAS	RVT (*.rvt)	TSA-GAS- GAS	-	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO
MODELO DE GAS	IFC (*.ifc)	TSA-GAS- GAS	IFC	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO
MODELO DE GAS	NWC (*.nwc)	TSA-GAS- GAS	COORDINACION	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO

- Planos

Tabla 62. Entregables BIM del modelo de gas: Planos - Fuente: Elaboración propia

PLANOS					
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE			
		CARPETA	SUBCARPETA		ARCHIVO
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N4-DC-001
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N4-DC-002
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N4-DA-003
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N4-DA-004
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N4-DB-005
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N4-DB-006
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N3-DD-007
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N3-DD-008
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N1-DE-009

PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N1-DE-010
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-PL-N1-DF-011
PLANO DE GAS	DWG (*.dwg)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	CAD	ZZ-IS-N1-DF-012
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N4-DC-001
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N4-DC-002
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N4-DA-003
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N4-DA-004
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N4-DB-005
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N4-DB-006
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N3-DD-007
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N3-DD-008
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N1-DE-009
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N1-DE-010
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-PL-N1-DF-011
PLANO DE GAS	PDF (*.pdf)	TSA-GAS-GAS	PLANOS	PDF	ZZ-IS-N1-DF-012

- Documentos

Tabla 63. Entregables BIM del modelo de gas: Documentos - Fuente: Elaboración propia

COMPUTOS METRICOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
DOCUMENTOS	XLSX (*.xlsx)	TSA-GAS-GAS	DOCUMENTOS	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-VL

### 3.3.7. MODELO DE COORDINACIÓN

El modelo de coordinación será desarrollado desde el Uso BIM Coordinación 3D.

### 3.4. USOS BIM

El Mapa de Nivel 2 tiene la finalidad de mostrar los procesos específicos de cada Usos BIM que presenten un grado considerable de dificultad.

#### 3.4.1. COORDINACIÓN 3D

##### 3.4.1.1. Establecer los requisitos de información de los modelos

###### 3.4.1.1.1. Información geométrica y no geométrica

Los modelos BIM requerirán de dos tipos de información fundamental para su coordinación:

Tabla 64. Requisitos de información para la coordinación 3D: Información no geométrica – Fuente: Elaboración propia

Información de no geométrica	
Información	Descripción
<b>1. Nombre, tipo y ubicación del archivo</b>	
1.1. Nombre del archivo	El nombre de los archivos debe estar estructurado según corresponda en el PEB por ejemplo TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.nwc
1.2. Tipo de archivo	.nwc (Navisworks cache).
1.3. Ubicación del archivo	CDE (Entorno de datos compartidos).
<b>2. Punto base de coordinación del proyecto y coordenadas</b>	
2.1. Punto Base del Proyecto	WGS 84/UTM zona 19S Coordenadas: E: 595216.504 N: 8175912.228 Z: 3773.273 En relación al punto de reconocimiento.
<b>3. Construcción de niveles y nombramiento</b>	
3.1. Niveles y nombramiento	Los niveles estarán relacionados al modelo arquitectónico o necesariamente coincidentes, tanto en la altura como en el nombramiento. Cada entidad deberá tener el parámetro Nivel respecto a su ubicación y posicionamiento en el modelo. <ul style="list-style-type: none"><li>• Nivel 0 PB</li><li>• Nivel 1</li><li>• Nivel 2</li><li>• Nivel 3</li><li>• Nivel 4</li><li>• Nivel 5</li><li>• Nivel 6</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel 7</li> <li>• Nivel 8</li> <li>• Nivel 9</li> <li>• Nivel 10</li> </ul>
<b>4. Entidades</b>	
4.1. Jerarquía	<p>Las entidades deberán estar modeladas de manera correcta, categorizada de forma jerárquica para poder transmitir todos sus parámetros de una forma ordenada y fácil de entender.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disciplina</li> <li>• Categoría</li> <li>• Familia</li> <li>• Tipo</li> <li>• Ejemplar</li> </ul>
4.2. Entidad	<p>Las entidades de cada modelo BIM estarán catalogadas bajo el parámetro Entidad:</p> <p>Modelos BIM Sitio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terreno</li> <li>• Elementos civiles</li> </ul> <p>Modelos BIM Arquitectura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejes</li> <li>• Zonas-Espacios</li> <li>• Muros</li> <li>• Equipos e Instalaciones</li> <li>• Cielos Falsos</li> <li>• Sistemas de Circulación (Escaleras y Ascensores)</li> <li>• Muros Cortina</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Puertas</li> <li>• Losas (Suelos)</li> <li>• Muebles</li> </ul> <p>Modelos BIM Estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejes</li> <li>• Fundaciones</li> <li>• Muros</li> <li>• Columnas</li> <li>• Vigas</li> <li>• Ábacos</li> <li>• Losa/Radier</li> <li>• Escaleras</li> </ul> <p>Modelo BIM Sanitario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejes</li> <li>• Distribución y tuberías MEP <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Agua caliente</li> <li>○ Agua fría</li> <li>○ Sanitario</li> <li>○ Ventilación</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pluvial</li> <li>● Equipos e instalaciones</li> <li>● Equipamiento y tableros MEP</li> </ul> <p>Modelo BIM Instalación de Gas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ejes</li> <li>● Equipos y tableros MEP</li> <li>● Distribución y tuberías MEP</li> <li>○ Gas</li> </ul>
--	--

Tabla 65. Requisitos de información para la coordinación 3D: Información geométrica – Fuente: Elaboración propia

Información geométrica	
Información	Descripción
<b>1. Entidades</b>	Cada entidad deberá estar modelada de manera correcta y cumpliendo como mínimo con los requisitos del Avance de Información el Proyecto (EAIM) establecido en el PEB.

#### 3.4.1.1.2. Modelos de coordinación

Los modelos de coordinación serán aquellos modelos BIM; Sitio, Arquitectónico, Estructural, Sanitario y Gas exportados en el formato NWC (\*.nwc) de Navisworks. Cabe recalcar que este formato no permite crear, modificar, ni eliminar ninguna entidad del archivo, por lo cual toda información, interferencias e incompatibilidades serán netamente responsabilidad del modelador o modeladores. En la siguiente tabla se presentan los modelos de coordinación para el proyecto.

Tabla 66. Modelos de Coordinación – Fuente: Elaboración propia

Modelo BIM	Archivo de Navisworks	Archivo de Revit	Ubicación
Sito	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.nwc	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt	CDE
Arquitectura	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.nwc	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.rvt	CDE
Estructura	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO.nwc	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO.rvt	CDE
Gas	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.nwc	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.rvt	CDE
Sanitario	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.nwc	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.rvt	CDE



Figura 140. Modelo de Coordinación-Arquitectura en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia



Figura 141. Modelo de Coordinación- Estructura en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia



Figura 142. Modelo de Coordinación-Sanitario en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia

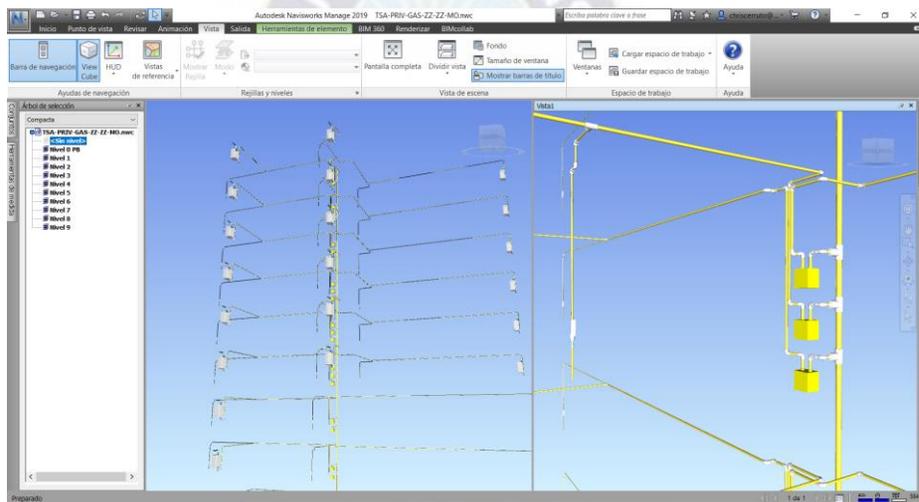


Figura 143. Modelo de Coordinación - Gas en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia

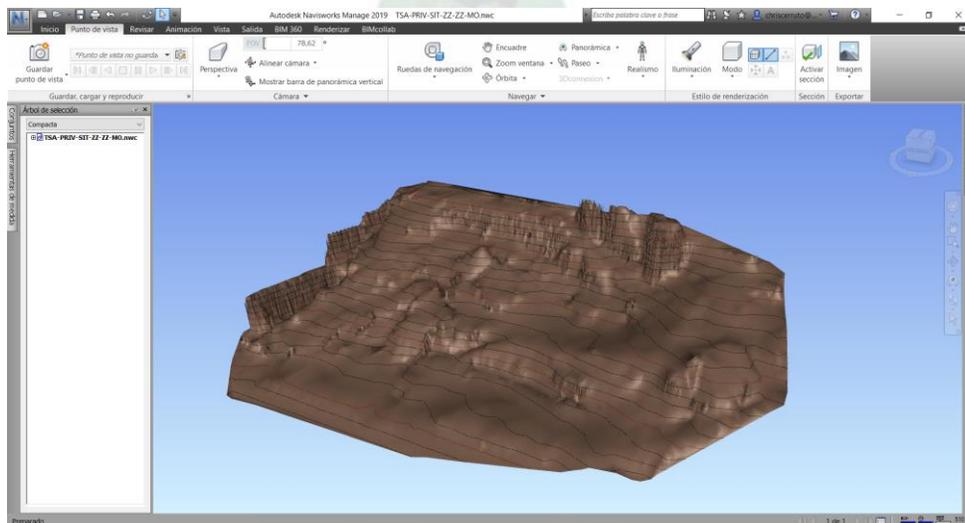


Figura 144. Modelo de Coordinación-Sitio en formato nwc (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.2. Control de calidad de los Modelos

El control de calidad de los modelos para la coordinación se realizó en el software Navisworks de manera independiente, controlando que se cumplan los requisitos de información planteados por el Coordinador. En la siguiente figura se muestra el control de calidad del parámetro Nivel del modelo Sanitario, mediante filtro de colores.

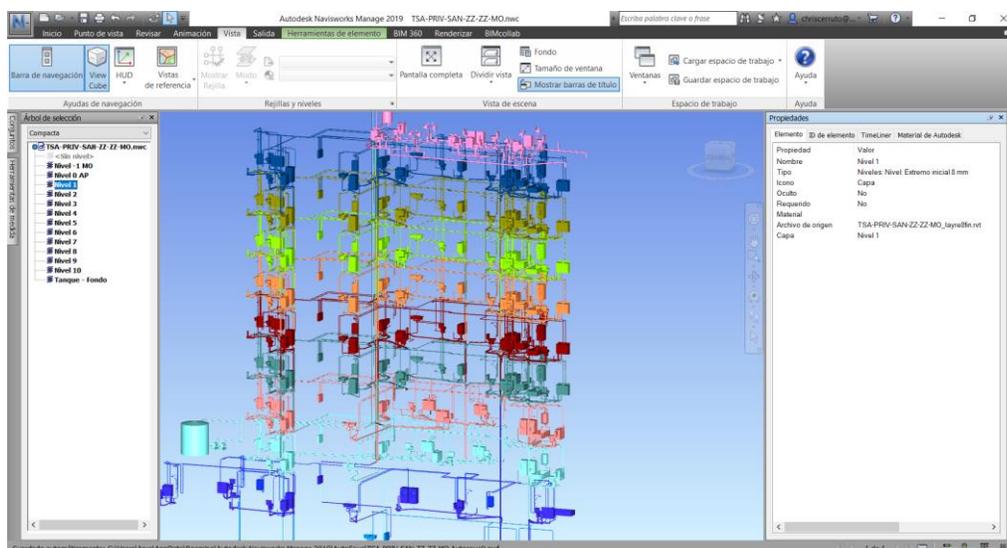


Figura 145. Control de calidad del modelo Sanitario mediante filtros de colores – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.3. Generar el modelo federado

El modelo federado fue creado en software Navisworks por el Coordinador a partir de la consolidación de los modelos de coordinación presentados en la Tabla 66. Al consolidar los modelos de coordinación se genera un único modelo en formato NWF, siendo este aun dependiente de los archivos NWC. El nuevo formato será capaz de almacenar nueva información exclusiva de coordinación y revisión como ser; reporte de colisiones, puntos de vista, anotaciones, mediciones, etc.

Tabla 67. Nombre y ubicación del modelo BIM federado (Modelo de Coordinación) – Fuente: Elaboración propia

Modelo BIM	Archivo de Navisworks	Ubicación
Modelo BIM Federado	TSA-PRIV-COOR-ZZ-ZZ-MO.nwf	CDE



Figura 146. Modelo BIM federado en formato NWF (Navisworks) – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.4. Detección de interferencias

#### 3.4.1.4.1. Jerarquía de Disciplinas

Para el análisis de interferencias y las posibles soluciones se deberán tomar en cuenta el orden jerárquico de las disciplinas involucradas en un proyecto. En lo posible son la arquitectura, estructura e instalaciones HVAC la última opción a modificar. Esto se debe a que las instalaciones sanitarias, gas, eléctricas y de incendios tienen más flexibilidad en el modelado y son menos costosas en su modificación. En la siguiente figura se muestra un esquema de la jerarquía de las disciplinas que intervienen en un proyecto de edificación.



Figura 147. Jerarquía de disciplinas involucradas en un proyecto de edificación – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1.4.2. Matriz de colisiones por disciplina

La matriz de colisiones muestra que disciplinas tienen prioridad en función de las que están más en la parte superior e izquierda de la matriz.

El orden numérico especifica el orden en el que se produce la detección de conflictos. Los números rojos indican que primero se debe realizar una coordinación disciplinar, para después acometer la interdisciplinar.

La siguiente figura muestra una matriz de colisiones por disciplina de un proyecto de edificación:

	Estructura	Arquitectura	HVAC	Inst. Sanitaria	Gas	Eléctrica	Prot. Incendios
Estructura	1	3	5	8	12	17	23
Arquitectura		2	6	9	13	18	24
HVAC			4	10	14	19	25
Inst. Sanitaria				7	15	20	26
Gas					11	21	27
Eléctrica						16	28
Prot. Incendios							22

Figura 148. Matriz de colisiones de un proyecto de edificación – Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto se solo se consideran las disciplinas involucradas en el alcance del mismo, como se muestra a continuación:

	Estructura	Arquitectura	Sanitaria	Gas
Estructura	1	3	5	8
Arquitectura		2	6	9
Sanitaria			4	10
Gas				7

Figura 149. Matriz de colisiones para el proyecto Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia

La matriz permitirá:

- Ver que elementos son prioritarios y que modelos se corregirán primero.
- Definir qué disciplina es responsable de una colisión determinada. Cada disciplina es responsable de evitar choques o conflictos con aquella disciplina de su columna en la matriz.

En el proyecto son prioritarios los modelos de Estructura y Arquitectura posteriormente le siguen el sanitario y gas.

### 3.4.1.4.3. Test de colisiones por disciplinas

En el software de Navisworks en el modelo federado de coordinación se generaron los 10 test de detección de colisiones que indica la matriz en la Figura 149. Los test dieron como resultado un total de 2719 interferencias.

En la siguiente figura, se muestra dos entidades en colisión, en el test Sanitario vs Estructura (SAN vs EST) en color rojo y verde respectivamente. Además de la ventana Clash Detective que muestra el número de colisiones por test y el estado de los mismos.

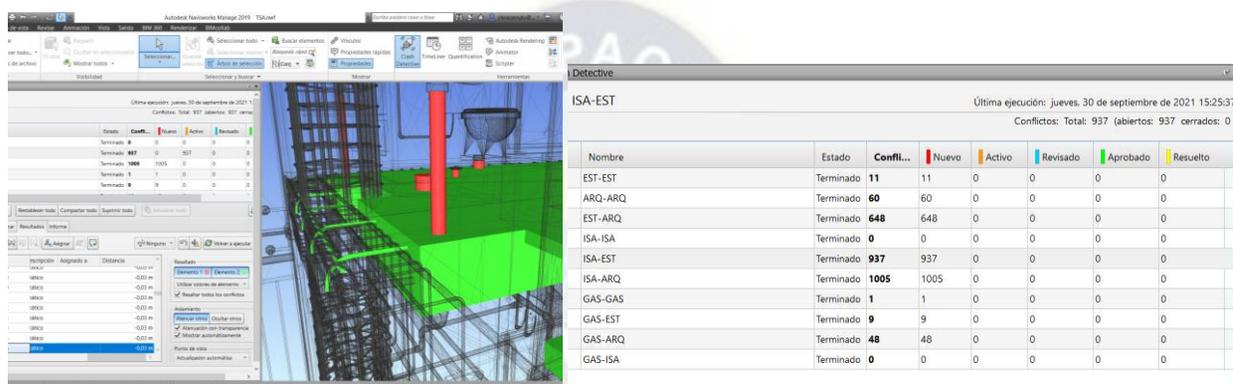


Figura 150. Detección de colisión mediante el software Navisworks (test Sanitario Vs Estructura) – Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las colisiones detectadas por el software Navisworks:

Tabla 68: Tabla resumen de colisiones mediante la matriz – Fuente: Elaboración propia

Código	Test	Conflictos
EST-EST	Estructura vs Estructura	11
ARQ-ARQ	Arquitectura vs Arquitectura	60
EST-ARQ	Estructura vs Arquitectura	648
ISA-ISA	Instalación Sanitaria vs Instalación Sanitaria	0
ISA-EST	Instalación Sanitaria vs Estructura	937
ISA-ARQ	Instalación Sanitaria vs Arquitectura	1005
GAS-GAS	Gas vs Gas	1
GAS-EST	Gas vs Estructura	9
GAS-ARQ	Gas vs Arquitectura	48
GAS-ISA	Gas vs Instalación Sanitaria	0
<b>Total</b>		<b>2719</b>

### 3.4.1.5. Procesamiento de resultados

#### 3.4.1.5.1. Matriz de colisiones por Entidades

De acuerdo a los resultados del análisis de conflictos y una revisión de cada uno de ellos, se determinó que Entidades de cada modelo son los más críticos y menos críticos para el proyecto.

La matriz de colisiones por Entidades muestra los chequeos que han de llevarse a cabo en las diferentes fases de coordinación.

Indican el conjunto de entidades que se tienen que analizar, pero también los que no se van a analizar.

Se establecieron niveles de prioridad conforme los conflictos deben ser resueltos antes que otros. Estos niveles de prioridad son:

Tabla 69. Niveles de prioridad para la coordinación - Fuente: Elaboración propia

<b>H</b>	<b>High Priority- Prioridad Alta</b>
<b>M</b>	<b>Medium Priority- Prioridad Media</b>
<b>L</b>	<b>Low Priority- Prioridad Baja</b>
<b>0</b>	<b>Not required- No Requerido</b>

En la siguiente figura se muestra la matriz de colisiones por Entidades para el proyecto

MATRIZ DE COLISIONES		SITIO	ESTRUCTURAS								ARQUITECTURA								SANITARIO			INST. GAS														
	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	SIT-TER	EST-FND	EST-MUR	EST-COL	EST-VIG	EST-ABS	EST-LOS	EST-ESC	ARG-MUR	ARG-ASA	ARG-E&T	ARG-CFS	ARG-ESC	ARG-MCT	ARG-VEN	ARG-PUE	ARG-SUE	ARG-MBL	PLM-ACT	PLM-AFR	PLM-SAN	PLM-PLV	PLM-ASA	PLM-E&T	GAS-TUB	GAS-E&T	GAS-E&I							
<b>H</b>	High Priority		22 test	Choque crítico, 1° en resolverse																																
<b>M</b>	Medium Priority		66 test	Choque relevante, 2° en resolverse																																
<b>L</b>	Low Priority		24 test	Choque poco relevante, 3° en resolverse																																
<b>0</b>	Not required		266 test excluido	Choque irrelevante, no considerado																																
<b>SITIO</b>	Terreno	SIT-TER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	Fundaciones	EST-FND		H	H	H	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
<b>ESTRUCTURAS</b>	Muros	EST-MUR			M	M	M	0	0	0	M	M	M	M	0	M	M	M	M	0	0	H	H	H	M	0	M	H	M	M						
	Columnas	EST-COL				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M	M	M	0	0	H	H	H	M	0	M	H	M	0							
	Vigas	EST-VIG					0	0	0	M	0	0	0	0	M	M	0	0	0	0	H	H	H	H	0	0	H	0	0							
	Abacos	EST-ABS						0	0	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M	M	H	L	0	0	M	0	0							
	Losa	EST-LOS							0	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Escaleras	EST-ESC							0	0	0	0	0	0	M	M	0	0	0	0	0	0	0	L	0	0	0	0	0							
<b>ARQUITECTURA</b>	Muros	ARQ-MUR								0	0	0	0	0	0	0	M	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Aparatos Sanitarios (Equipos e Inst.)	ARQ-ASA									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Equipamientos y tableros MEP	ARQ-E&T										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Cielos Falsos	ARQ-CFS											0	0	0	0	M	0	0	0	0	H	H	H	M	0	H	M	M							
	Sistemas de Circulación (Escaleras)	ARQ-ESC												0	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
	Muros Cortina	ARQ-MCT														0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	Ventana	ARQ-VEN														0	0	0	0	0	M	M	M	M	L	L	M	L	L							
	Puertas	ARQ-PUE																0	0	0	L	L	L	L	0	L	0	0	0							
	Losas (Suelos)	ARQ-SUE																	L	0	L	L	L	L	0	0	0	0	0	0						
	Muebles	ARQ-MBL																	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<b>SANITARIO</b>	Agua Caliente	PLM-ACT																			M	M	M	M	0	L	M	L	L							
	Agua Fria	PLM-AFR																				M	M	M	0	L	M	L	L							
	Sanitario	PLM-SAN																					M	M	0	L	M	L	L							
	Pluvial	PLM-PLV																						M	0	0	M	M	0							
	Apartos sanitarios (Equipos e Inst.)	PLM-ASA																						0	0	0	0	0	0							
<b>INST. GAS</b>	Equipamiento y tableros MEP	PLM-E&T																								M	M	0	0							
	Tuberías	GAS-TUB																									M	L	0							
	Equipos y tableros	GAS-E&T																									M	0	0							
	Equipos e instalaciones	GAS-E&I																											M							

Figura 151. Matriz de colisiones por Entidades para el proyecto Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia

De la matriz se tienen los siguientes test

Tabla 70. Número de test por prioridades - Fuente: Elaboración Propia

Prioridad	Número de test	Total test
High Priority	22	112
Medium Priority	66	
Low Priority	24	
Not required	266	266

### 3.4.1.5.2. Test de interferencias

Los test de interferencias se realizaron en el software Navisworks de acuerdo la matriz de colisiones por Entidades.

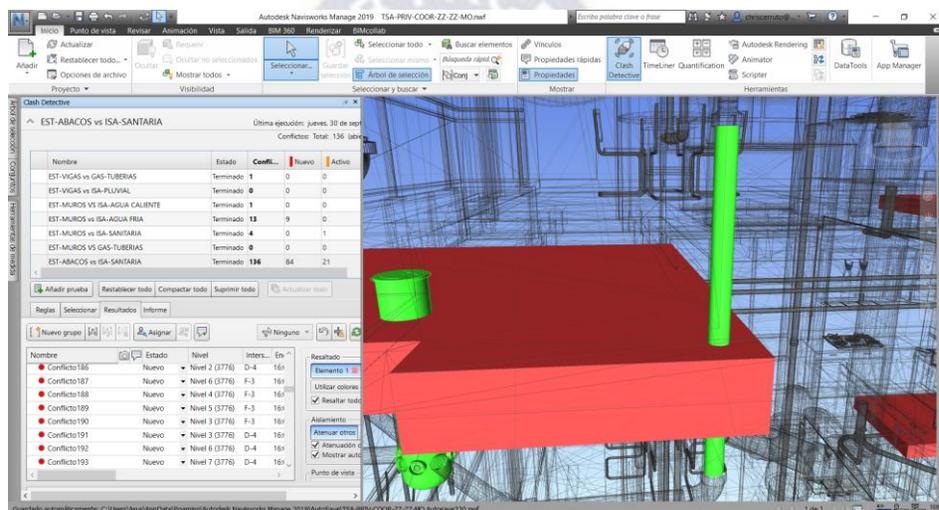


Figura 152. Detección de colisión mediante el software Navisworks a partir de la matriz de colisiones por Entidades (test EST-ABACOS vs ISA-SANTARIA) – Fuente: Elaboración propia

Los test de High Priority detectaron las siguientes colisiones:

Tabla 71: Resultados de colisiones para los test High Priority - Fuente: Elaboración Propia

Nº	Test	Conflictos	Responsable
1	EST-VIGAS vs ISA-AGUA CALIENTE	0	-
2	EST-VIGAS vs ISA-AGUA FRIA	1	Instalación Sanitaria
3	EST-VIGAS vs ISA-SANITARIA	2	Instalación Sanitaria
4	EST-VIGAS vs GAS-TUBERIAS	1	GAS
5	EST-VIGAS vs ISA-PLUVIAL	0	-
6	EST-MUROS vs ISA-AGUA CALIENTE	1	Instalación Sanitaria
7	EST-MUROS vs ISA-AGUA FRIA	13	Instalación Sanitaria
8	EST-MUROS vs ISA-SANITARIA	4	Instalación Sanitaria
9	EST-MUROS vs GAS-TUBERIAS	0	-
10	EST-ABACOS vs ISA-SANTARIA	136	Instalación Sanitaria
11	ARQ-CIELOS FALSOS vs ISA-AGUA CALIENTE	3	Instalación Sanitaria

12	ARQ-CIELOS FALSOS vs ISA-AGUA FRIA	17	Instalación Sanitaria
13	ARQ-CIELOS FALSOS vs ISA-SANITARIO	8	Instalación Sanitaria
14	ARQ-CIELOS FALSOS vs GAS-TUBERIAS	60	GAS
15	EST-FUNDACIONES vs EST-FUNDACIONES	0	-
16	EST-FUNDACIONES vs EST-MUROS	0	-
17	EST-FUNDACIONES VS EST-COLUMNAS	0	-
18	EST-FUNDACIONES vs EST-VIGAS	0	-
19	EST-COLUMNAS vs ISA-AGUA CALIENTE	0	-
20	EST-COLUMNAS vs ISA-AGUA FRIA	0	-
21	EST-COLUMNAS vs ISA-SANITARIO	0	-
22	EST-COLUMNAS vs GAS-TUBERIAS	0	-
	Total	246	

### 3.4.1.6. Detección de incompatibilidades

Las incompatibilidades en el modelo, son aquellas que el software Navisworks no puede detectar de manera automática y estas deben ser halladas de manera visual por el coordinador.

Para la realización de la detección de las incompatibilidades se realizó el siguiente proceso.

- Creación de puntos de vista por niveles
- Recorridos virtuales de todo el proyecto mediante la matriz de interferencias por disciplinas vista en la Figura 149

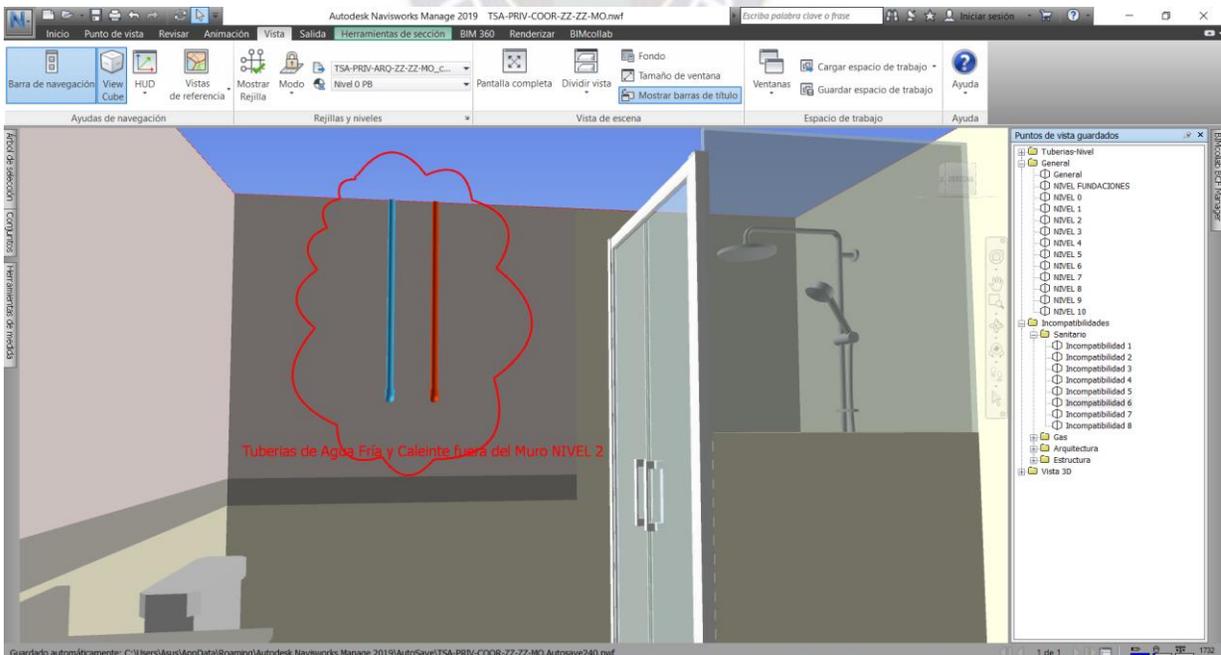


Figura 153. Incompatibilidad-tuberías fuera de muros de mampostería mediante recorrido virtual Arquitectura vs Sanitario – Fuente: Elaboración propia



Figura 154. Recorrido virtual Estructura vs Instalaciones – Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.1.6.1. Informes de detección de interferencias e incompatibilidades

Los informes serán desarrollados en archivos HTML, NWD y BCF.

- Los archivos en HTML (\*.html) nos permitirán abrir los informes desde cualquier navegador de internet.
- El archivo en NWD (\*.nwd) es un modelo tridimensional federado de la línea de Autodesk el cual almacena toda la información relativa a coordinación y revisión entre ellas; anotaciones, colisiones, puntos de vista, ect. Este archivo puede ser abierto por Navisworks Management o por Navisworks Freedom, siendo esta última de acceso gratuito. El archivo NWD a diferencia del NWF es independiente de los archivos cache (\*.nwc) de los modelos de coordinación.
- El formato de colaboración BIM (BCF) permitirá la comunicación de incidencias a cada responsable de manera automática en sus propios modelos, además de poder visualizar comentarios de texto, plazos de vencimiento, tipo de colisión, prioridad, etc.

##### a) HTML

Los informes fueron exportados al formato HTML y ubicados en el Entorno de Datos Compartidos (CDE). Estos informes cuentan con los datos necesarios de las entidades involucradas para que sean ubicadas en sus modelos respectivos.

**AUTODESK NAVISWORKS Informe de conflictos**

ARQ-CIELOS FALSOS vs PLM-INST. AGUA CALIENTE	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
	0.00m	3	0	0	0	0	3	Estático	Antiguo

Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	Elemento 1		Elemento 2	
						ID de elemento	Capa	ID de elemento	Capa
	Conflicto1	Resuelto	Estático	2021/8/19 20:39	x:595216.72, y:8175885.39, z:3783.14	ID de elemento: 1850429	Nivel 2	ID de elemento: 2697215	Nivel 2
	Conflicto2	Resuelto	Estático	2021/8/19 20:39	x:595224.32, y:8175890.44, z:3786.34	ID de elemento: 2007128	Nivel 3	ID de elemento: 2596960	Nivel 3
	Conflicto3	Resuelto	Estático	2021/8/19 20:39	x:595224.32, y:8175890.44, z:3783.14	ID de elemento: 1850305	Nivel 2	ID de elemento: 2626063	Nivel 2

Figura 155. Informe de interferencias o colisiones en el formato HTML – Fuente: Elaboración propia

## b) NWD

El modelo de coordinación en formato NWD será ubicado en el CDE de manera que los modeladores puedan visualizar los conflictos, anotaciones y puntos de vista en un entorno virtual 3D.

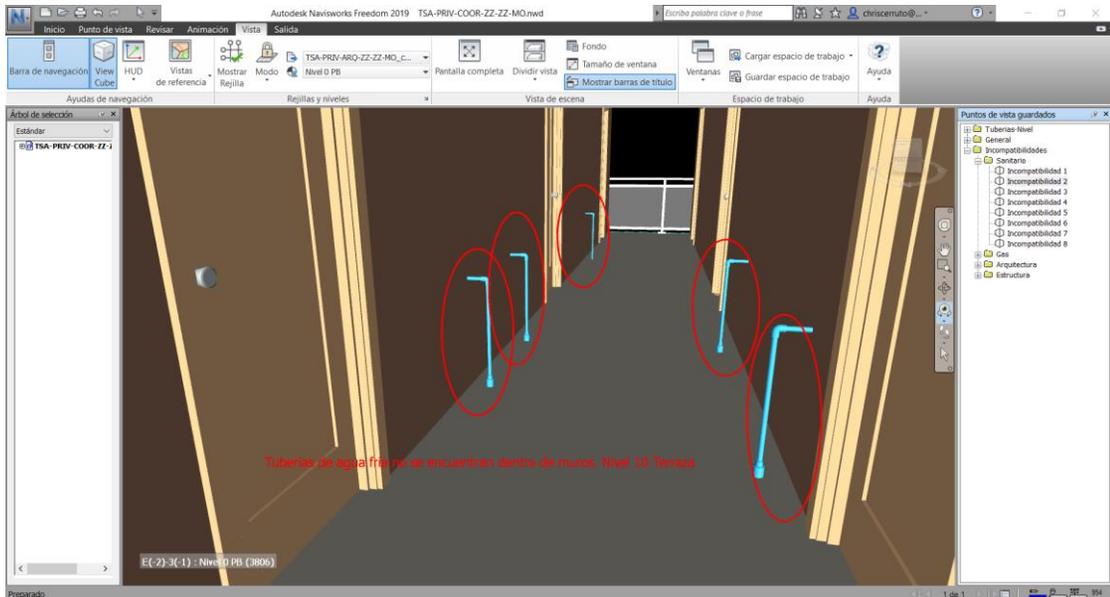


Figura 156. Modelo de coordinación en formato NWD – Fuente: Elaboración propia

### c) BCF.

#### i) Creación del perfil del proyecto en la nube de BIMCollab

En la página web de BIMCollab se ha creado el perfil del proyecto: Torre San Antonio. Esta página permitirá la interacción entre los diferentes miembros del proyecto, el almacenamiento de información de las colisiones, incompatibilidades y una gestión del avance en la resolución de dichas interferencias.

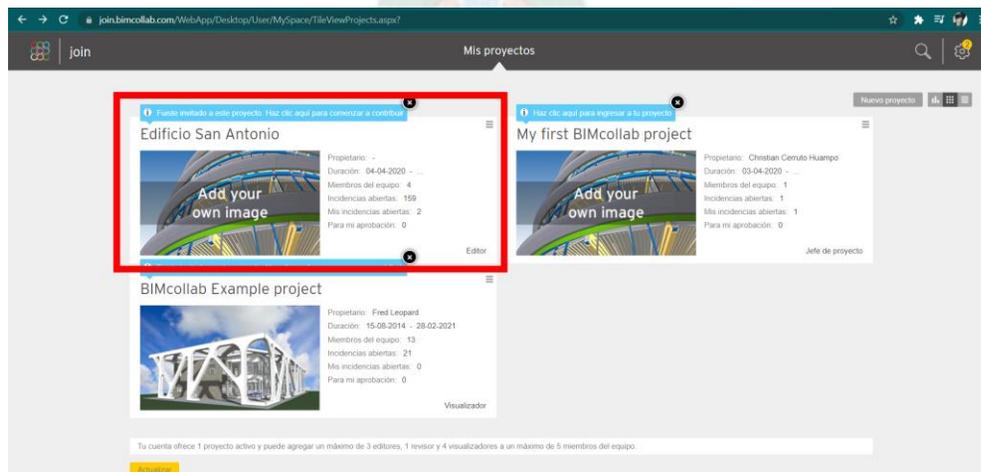


Figura 157. Perfil del proyecto Torre San Antonio en la página web bimcollab.com – Fuente: Elaboración propia

Edificio San Antonio

Propietario: ... Duración: 04-04-2020... Integración: ... Miembros del equipo: 4

Nombre	Apellido	Celular electrónico	Empresa	Dir. conexión	Función	Grupos	Asignable	Puede impactar	Editar ZOOM	Incidencias
Christian	Cernato Huampo	chiscernato@gmail.com		02-10-2021	Editor	Arquitectura	✓	✓		47
Ariel Alberto	Choque Alva	leyrachean@gmail.com		10-07-2021	Editor	MEP	✓	✓		158
gaston	masco	ricargov@gmail.com		28-09-2021	Editor	Construction management, Extract...	✓	✓		16
LUIS FERNANDO	RODRIGUEZ COARI	fernando.elaluminado@gmail.com		03-11-2020	Jefe de proyecto	Coordination	✓	✓	✓	16

Figura 158. Lista de integrantes del proyecto Torre San Antonio en la página web de BIMCollab – Fuente: Elaboración propia

## ii) Transferencia de las colisiones desde Navisworks a BCF a través del plug-in BIMCollab BCF Manager

Mediante el plug-in BIMcollab BCF Manager, se añadió la información necesaria a cada conflicto; título, tipo, prioridad, asignación, fecha de vencimiento, etiqueta y comentario. Esta información fue subida a la plataforma de BIMcollab en el perfil de Torre San Antonio. Esto permitirá la comunicación entre los demás miembros del equipo y sobre todo a los responsables de dar solución a dichos conflictos.

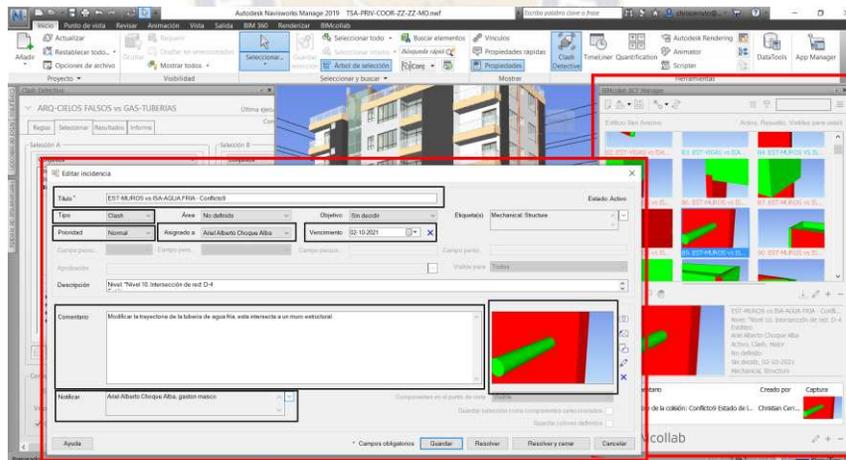


Figura 159. Plug-in BIMcollab BCF Manager en Navisworks-Introducción de información a cada colisión – Fuente: Elaboración propia

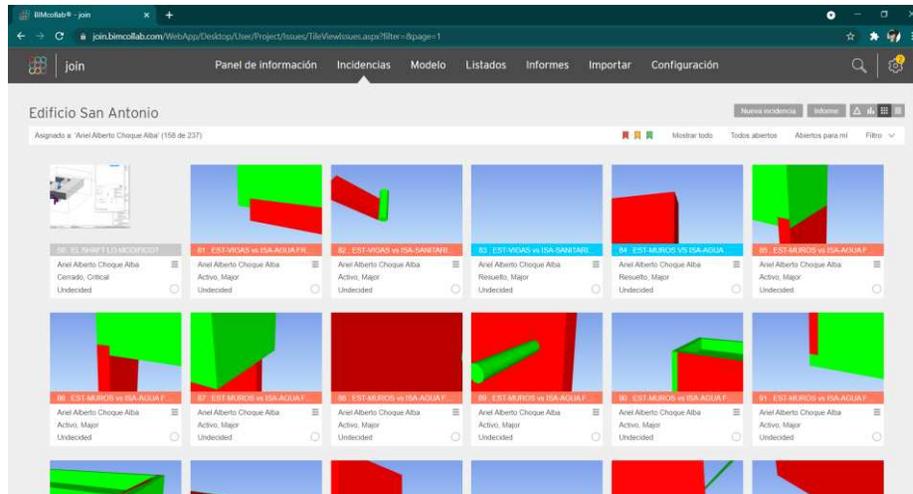


Figura 160. Colisiones subidas a la plataforma de BIM Collab en el perfil de Torre San Antonio – Fuente: Elaboración propia

### iii) Visualización de las colisiones por parte de los modeladores

Mediante el plug-in BIMcollab BCF Manager en los softwares de modelación, en este caso Revit, los modeladores podrán visualizar de manera automática en sus modelos las colisiones que les fueron asignadas, para luego poder dar solución o dar respuesta al Coordinador en buscar otra resolución si el conflicto así lo amerita.

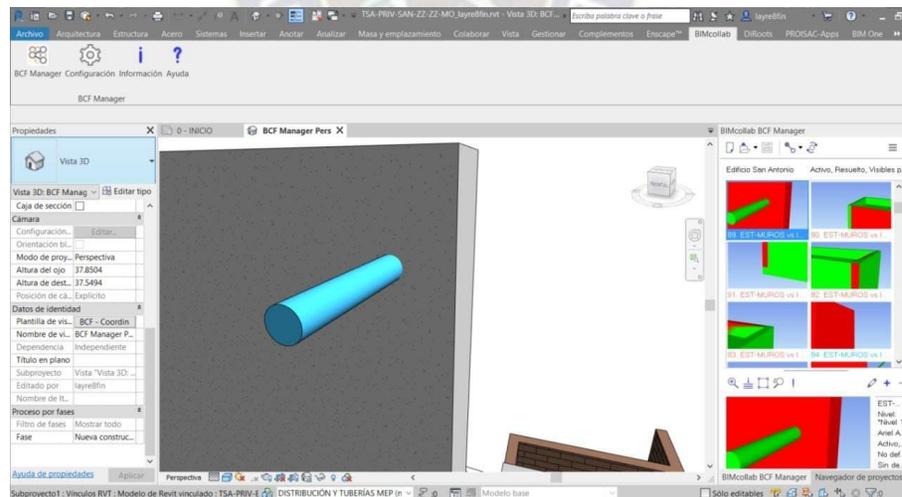


Figura 161. Visualización de las colisiones en el modelo Sanitario mediante el plug-in BIMcollab BCF Manager – Fuente: Elaboración propia

## 3.4.1.7. Coordinación de Diseño

### 3.4.1.7.1. Sesiones de coordinación

Las sesiones de coordinación entre responsables del diseño y modelado de las diferentes disciplinas con el Coordinador, se realizaron en plataformas virtuales. Las sesiones fueron realizadas directamente con el responsable de la colisión o con todos los modeladores y diseñadores dependiendo del caso.

Las sesiones tuvieron el siguiente flujo:



Figura 162. Flujo de una sesión de coordinación – Fuente: Elaboración propia

Acta de la sesión de coordinación:

ACTA DE SESIÓN DE COORDINACIÓN		
Acta No. 04		Fecha: 09/09/2021
Hora de inicio: 21:00		Hora de conclusión: 22:45
Modalidad: Virtual		
Lugar: Mediante la plataforma Google Hangouts		
Enlace: <a href="https://hangouts.google.com/call/gwUr6dtkV9gCXBVgCcjaACEE">https://hangouts.google.com/call/gwUr6dtkV9gCXBVgCcjaACEE</a>		
ASISTENTES		
Nombre Completo	Rol BIM	Disciplinas
Ariel Alberto Choque Alba	Diseñador-Modelador	MEP: Agua Caliente, Agua fría, Sanitaria, Ventilación, Pluvial
Christian Cerruto Huampo	Coordinador	
ACTA ANTERIOR		
Lectura del Acta anterior		No corresponde
Revisión de los puntos pendientes del Acta Anterior		No corresponde

## OBJETIVOS

- Revisión de las colisiones detectadas por el Coordinador las cuales involucran al modelo MEP.
- Aprobar y encontrar soluciones a las colisiones.

## COMPROMISOS

Una vez desarrollado los objetivos de la sesión y visualizando el modelo de coordinación con las respectivas colisiones. El diseñador y modelador Ariel Alberto Choque Alba se compromete a solucionar en su diseño y modelo los conflictos que no fueron aprobadas en esta sesión. Las cuales se encuentran plasmadas en el informe de interferencias hasta la fecha 02/11/21

**Próxima reunión: 22/11/21**

Figura 163. Acta de la sesión de coordinación - Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1.8. Reajuste del Modelo

Conforme a los informes de interferencias aprobadas por el coordinador mediante las sesiones de coordinación, los modelos fueron reajustados y exportados nuevamente al formato NWC. Los nuevos archivos se exportaron con el mismo nombre para reemplazar el archivo anterior ubicado en el EDC y con eso poder actualizar el modelo federado de coordinación en formato NWF.

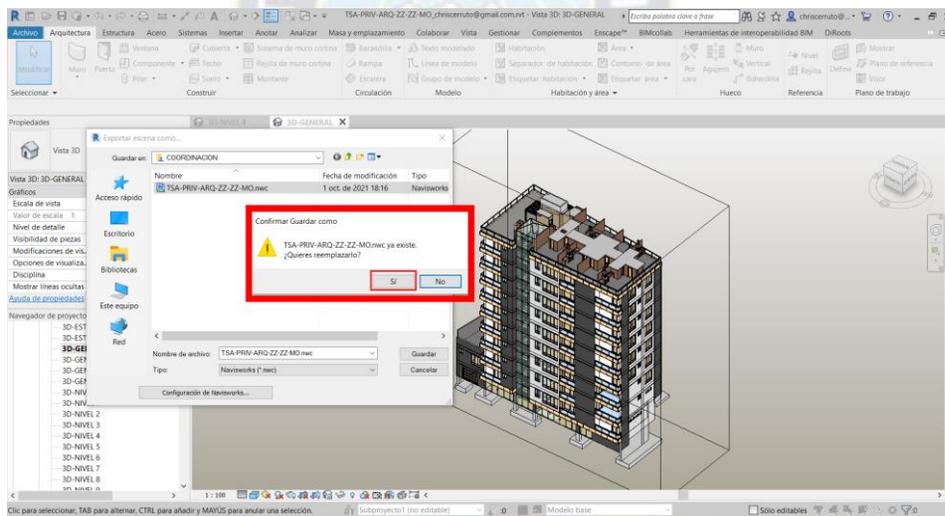


Figura 164. Exportación y reemplazo del modelo Arquitectónico con los nuevos reajustes en formato NWC en el EDC – Fuente: Elaboración propia

EL modelo federado en formato NWF de Navisworks, fue actualizado con los nuevos modelos reajustados.

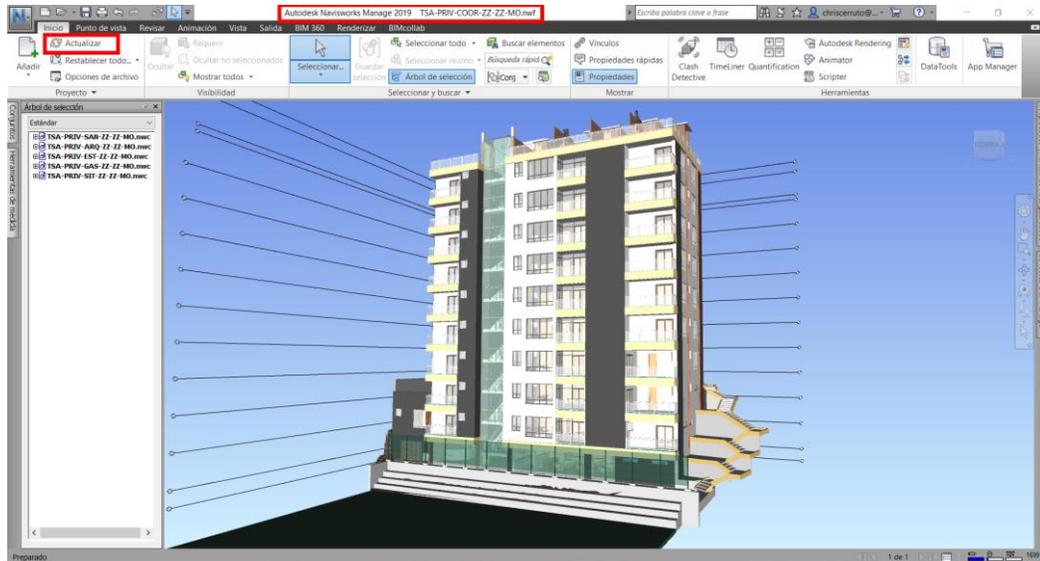


Figura 165. Actualización del modelo federado con los modelos reajustados – Fuente: Elaboración propia

Se volvió a ejecutar los test para verificar y dar un seguimiento a las soluciones de las colisiones. Los conflictos solucionados cambiarán su estado de “ACTIVO” (naranja) a “RESUELTO” (amarillo).

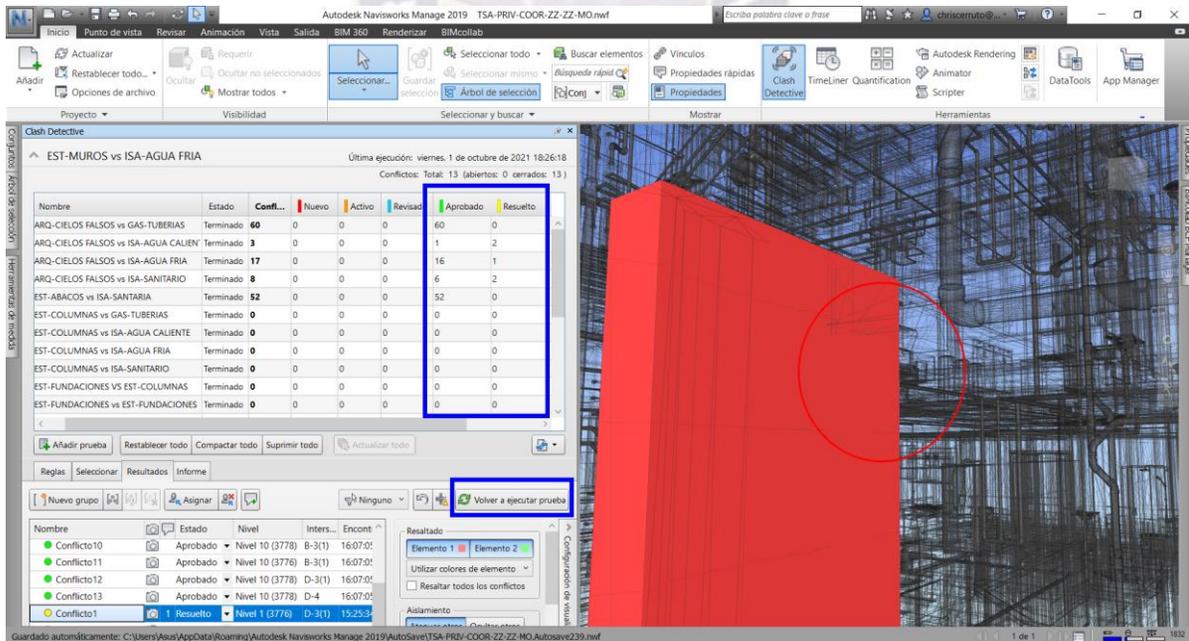
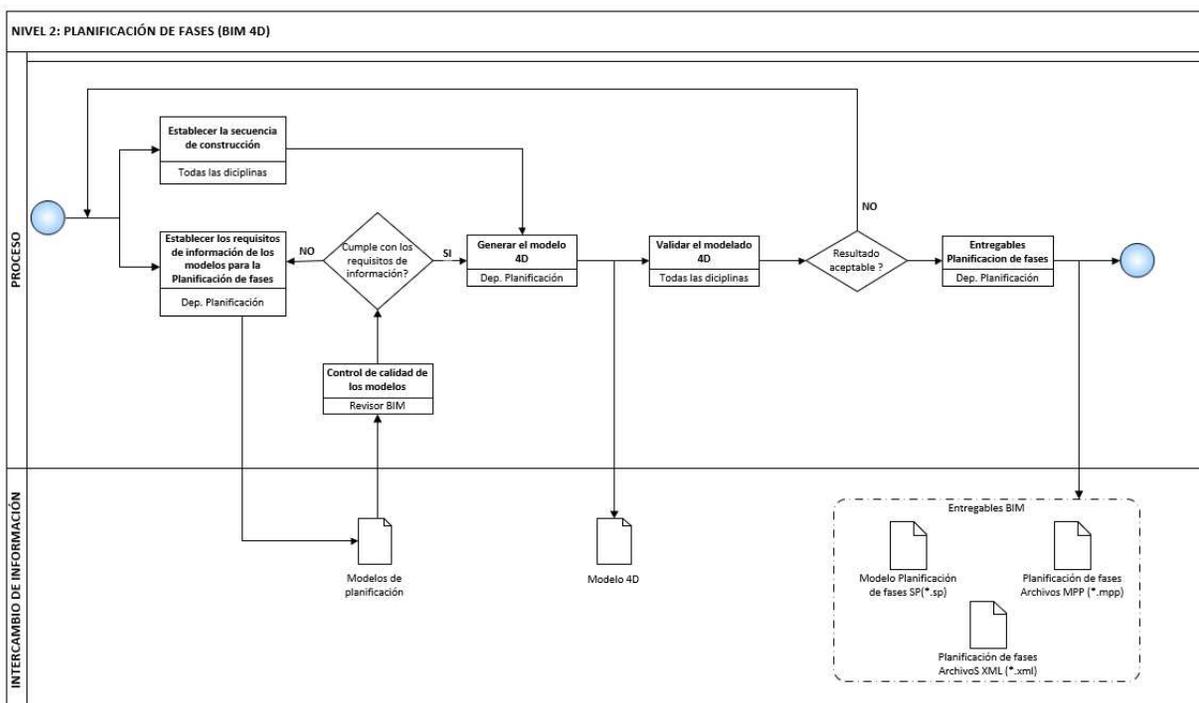


Figura 166. Resultados de la nueva ejecución de los test. Solución de las colisiones – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. PLANIFICACIÓN DE FASES

#### 3.4.2.1. Flujo de trabajo planificación de fases

Este apartado presenta el flujo de trabajo que debe adoptarse durante la fase de Planificación para optimizar el proceso de integración de los modelos 3D y la planificación(tiempo) de las actividades de construcción del proyecto.



#### 3.4.2.2. Secuencia de construcción

##### 3.4.2.2.1. Tareas

Para definir la lógica constructiva del proyecto se necesita la siguiente información del proyecto de los modelos BIM:

Tabla 72. Ubicación de archivos del modelo BIM – Fuente: Elaboración propia

Modelo BIM	Nombre de Proyecto	Nombre de la carpeta	Archivo de Revit (.rvt)	Ubicación
Volumétrico	20-03-02-TSA	TSA-VOL-VOLUMETRICO	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO	CDE
Sitio	20-03-02-TSA	TSA-SIT-SITIO_TOPOGRAFIA	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO	CDE
Arquitectura	20-03-02-TSA	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO	CDE
Estructura	20-03-02-TSA	TSA-EST-ESTRUCTURAS	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO	CDE
Sanitario	20-03-02-TSA	TSA-SAN-SANITARIO	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO	CDE
Gas	20-03-02-TSA	TSA-GAS-GAS	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO	CDE

Además, con la información desarrollada en la fase de Planificación Operativa – Análisis de recursos del proyecto se consolida la estimación de tareas, recursos y tiempo conjuntamente con el departamento de Costos y Presupuesto. Este apartado se desarrolla en 2170.

A continuación, se muestra las tareas definidas según los modelos BIM:

Tabla 73. Lista de Tareas del Proyecto – Fuente: Elaboración propia

Nro	1. TRABAJOS PRELIMINARES (TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO.rvt y TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.rvt)	UNIDAD
<b>REPLANTEOS</b>		
1	REPLANTEO Y TRAZADO DE OBRAS CIVILES CON ESTACIÓN TOTAL	GL
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>		
2	EXCAVACIÓN CON RETROEXCAVADORA	M3
3	RELLENO Y COMPACTADO DE TIERRA COMÚN C/COMPACTADOR MECÁNICO	M3
4	CARGUIO Y TRASLADO DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	M3
5	ENTIBADO Y APUNTALADO	M2
6	EXCAVACION 0 - 1 m S/ AGOTAMIENTO TERRENO SEMIDURO	M3
<b>INSTALACION DE FAENAS</b>		
7	INS DE FAENAS Y COLOCACION DE LETRERO OBRAS MEDIANAS	GL
<b>2. ARQUITECTURA (TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.rvt)</b>		
<b>MAMPOSTERIA</b>		
8	MURO DE LADRILLO 6H E = 10 CM DOSIF 1:5	M2
9	MURO DE LADRILLO 6H E = 15 CM DOSIF 1:5	M2
10	MURO DE LADRILLO 3H E = 5 CM DOSIF 1:5	M2
11	MURO DE LADRILLO GAMBOTE 18H E = 10 CM DOSIF 1:5	M2
<b>SUELOS</b>		
12	PISO FLOTANTE	M2
13	CONTRAPISO DE CEMENTO SOBRE LOSA E=5CM	M2
<b>REVESTIMIENTOS</b>		
14	REVESTIMIENTO DE AZULEJO NACIONAL	M2
15	REVOQUE INTERIOR DE YESO	M2
16	REVOQUE EXTERIOR MORTERO (FACHADA)	M2
17	REVOQUE EXTERIOR MORTERO (CASTIGADA)	M2
18	REVOQUE INTERIOR MORTERO	M2
19	PINTURA FACHADA	M2
20	PINTURA EN INTERIORES LATEX (DOS MANOS)	M2
21	PINTURA AL OLEO SOBRE MUROS	M2
22	CENEFA DE CERAMICA	ML
23	ZOCALO DE MADERA CEDRO	ML
24	FACHADA FLOTANTE CON PANELES DE ALUMINIO	M2
<b>VENTANAS</b>		
25	PROV. Y COLOC. VENTANA DE ALUMINIO DOBLE FIJA INCLUYE VIDRIO	M2
26	MURO CORTINA DE VIDRIO	M2
<b>PUERTAS</b>		
27	PUERTA INTERIOR MADERA CEDRO 0.7 X 2.1 M	PZA
28	PUERTA INTERIOR MADERA CEDRO 0.6 X 2.1 M	PZA
29	PUERTA INTERIOR MADERA CEDRO 0.8 X 2.1 M	PZA
30	PUERTA INTERIOR MADERA CEDRO 0.9 X 2.1 M	PZA
31	PUERTA CORREDIZA ALUMINIO CRISTAL DUCHA	M2
32	PUERTA CORREDIZA ALUMINIO CRISTAL TERRAZA	M2
33	PUERTA PARA MURO CORTINA DE VIDRIO	M2
34	PUERTA BOX DE DUCHA ALUMINIO CRISTAL	PZA
35	PUERTA METALICA DE PLANCHA DE 1/16"	M2
36	PUERTA METALICA EXTERIOR BASCULANTE 3.00x2.20m	PZA
37	PUERTA METALICA DE INGRESO	M2
38	PROVISIÓN Y COLOCADO DE DIVISIÓN PARA BATERIA DE BAÑOS	GL
<b>BARANDAS</b>		
39	BARANDA METALICA CON PASAMANOS DE FG 3" Y 5 HILOS	ML
40	BARANDA DE VIDRIO TEMPLADO SIMPLE	ML
41	ESCALERA METALICA DE UN TRAMO	GL

<b>CIELOS FALSOS</b>		
42	CIELO FALSO DE (DRYWALL) PLACAS DE YESO PREFABRICADAS RESISTENTE A LA HUMEDAD	M2
<b>CUBIERTAS</b>		
43	HORMIGÓN DE LOSA LLENA PARA CUBIERTA H-25	M3
44	CUBIERTA DE VIDRIO TEMPLADO	GL
<b>INSTALACIONES ESPECIALES</b>		
45	ASCENSOR ELECTRICO 0.63 M/S VELOCIDAD CAP 6 PERSONAS	UD
<b>3. ESTRUCTURAS(TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO.rvt)</b>		
46	HORMIGON PARA COLUMNAS RECTANGULARES H-25	M3
47	HORMIGON PARA ESCALERAS H-25	M3
48	HORMIGON PARA VIGA H-28	M3
49	HORMIGON PARA CIMENTACIONES H-25	M3
50	HORMIGON PARA MURO DE CORTE H-25	M3
51	HORMIGÓN PARA LOSA ALIVIANADA 2D H-28	M3
52	HORMIGON PREMEZCLADO PARA MURO DE CONTENCIÓN H-25	M3
53	HORMIGON PARA TANQUE ELEVADO DE AGUA H-25	M3
54	HORMIGÓN PARA LOSA MACIZA TANQUE ELEVADO DE AGUA H-25	M3
55	HORMIGÓN DE LIMPIEZA H-12	M3
56	HORMIGÓN PARA LOSA LLENA H-25	M3
57	CIMENTOS DE Hº Cº 40% DE PIEDRA DESPLAZADORA DOSIF 1:3:4	M3
58	SOBRECIMENTOS DE Hº Cº 50% DE PIEDRA DESPLAZADORA DOSIF 1:3:4	M3
59	PROVISION Y TENDIDO DE TUBERIA PVC 4" PERFORADA	ML
<b>POSTESADO</b>		
60	ANCLAJES MONOTORONES DE 1/2"C/CUÑAS DE 7 HILOS SURE LOCK	PTO
61	TESADO DE CABLES CON EQUIPO MONOTORON	PTO
62	CABLES DE PRETENSADO MONOTORONES	ML
<b>ARMADURA DE REFUERZO</b>		
63	ACERO DE REFUERZO PARA COLUMNAS Fe = 420 MPa	KG
64	ACERO DE REFUERZO PARA VIGAS Fe = 420 MPa	KG
65	ACERO DE REFUERZO PARA ESCALERA Fe = 420 MPa	KG
66	ACERO DE REFUERZO PARA MUROS DE CORTE Fe = 420 MPa	KG
67	ACERO DE REFUERZO PARA MUROS DE CONTENCIÓN Fe = 420 MPa	KG
68	ACERO DE REFUERZO PARA LOSA ALIVIANADA 2D Fe = 420 MPa	KG
69	ACERO DE REFUERZO PARA CIMENTACIONES Fe = 420 MPa	KG
70	ACERO DE REFUERZO PARA TANQUE DE AGUA Fe = 420 MPa	KG
71	ACERO DE REFUERZO PARA LOSA DE TANQUE Fe = 420 MPa	KG
72	ACERO DE REFUERZO PARA LOSA LLENA	KG
<b>ENSAYOS</b>		
73	ENSAYO DE SUELO SPT (CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO)	Pto
<b>4. INSTALACIONES SANITARIAS(TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.rvt)</b>		
<b>TUBERIAS</b>		
74	PROVISION Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC DESAGUE 2"	ML
75	PROVISION Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC DESAGUE 3"	ML
76	PROVISION Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC DESAGUE 4"	ML
77	PROVISION Y TENDIDO DE TUBERÍA PVC DESAGUE 6"	ML
78	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERÍA COLGADA PVC DESAGUE 2"	ML
79	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERÍA COLGADA PVC DESAGUE 3"	ML
80	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERÍA COLGADA PVC DESAGUE 4"	ML
81	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA COLGADA DE 1/2" DE POLIPROPILENO (3 CAPAS)	ML
82	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍA COLGADA DE 3/4" DE POLIPROPILENO (3 CAPAS)	ML
83	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
84	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 3/4" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
85	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 1" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
86	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 1 1/4" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
87	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 1 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
88	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
89	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA COLGADA PVC 2 1/2" E-40 (JUNTA A ROSCA)	ML
90	PROVISION Y COLOCADO BAJANTE DE PVC 4" (TUBERIA DE DESAGÜE)	ML
91	PROVISION Y COLOCADO BAJANTE DE PVC 4" (TUBERIA DE VENTILACIÓN)	ML
92	PROVISION Y COLOCADO DE TUBERÍA COLGADA PVC VENTILACIÓN 2"	ML
93	PROVISION Y COLOCADO BAJANTE DE PVC 4" (TUBERIA DE SISTEMA PLUVIAL)	ML
94	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA ALIMENTACIÓN TANQUE ELEVADO	ML

95	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA PARA ACOMETIDA	ML
<b>ACCESORIOS</b>		
96	LLAVE DE PASO DE BRONCE 1/2"	PZA
97	LLAVE DE PASO DE BRONCE 3/4"	PZA
98	REJILLA DE PISO DE ACERO INOXIDABLE DE 10 X 10 CM	PZA
99	CAJA SIFONADA 150X185X75	PZA
100	CAJA SIFONADA 100X150X50	PZA
101	REJILLA DE PISO DE ACERO INOXIDABLE DE 20 X 20 CM PLUVIAL	PZA
102	REJISTRO ROSCADO	PZA
<b>UNIONES</b>		
103	CODO 90° PVC 1/2" E-40	PZA
104	CODO 90° PVC 3/4" E-40	PZA
105	CODO 90° PVC 1" E-40	PZA
106	CODO 90° PVC 1 1/4" E-40	PZA
107	CODO 90° PVC 1 1/2" E-40	PZA
108	CODO 90° PVC 2 1/2" E-40	PZA
109	TEE PVC 1/2" E-40	PZA
110	TEE PVC 3/4" E-40	PZA
111	TEE PVC 1" E-40	PZA
112	TEE PVC 1 1/4" E-40	PZA
113	TEE PVC 1 1/2" E-40	PZA
114	TEE PVC 2" E-40	PZA
115	TEE PVC 2 1/2" E-40	PZA
116	REDUCCION DE PVC 3/4" A 1/2" E-40	PZA
117	REDUCCION DE PVC 1" A 3/4" E-40	PZA
118	REDUCCION DE PVC 1 1/2" A 1" E-40	PZA
119	REDUCCION DE PVC 2" A 1 1/2" E-40	PZA
120	REDUCCION DE PVC 2 1/2" A 2" E-40	PZA
121	REDUCCION DE PVC 2 1/2" A 1 1/2" E-40	PZA
122	REDUCCION DE PVC 1" A 1/2" E-40	PZA
123	COPLA DE PVC 1/2" E-40	PZA
124	COPLA DE PVC 3/4" E-40	PZA
125	COPLA DE PVC 1" E-40	PZA
126	COPLA DE PVC 1 1/2" E-40	PZA
127	COPLA DE PVC 1 1/4" E-40	PZA
128	CODO 90° DE 1/2" DE POLIPROPILENO UNION FUSION	PZA
129	CODO 90° DE 3/4" DE POLIPROPILENO UNION FUSION	PZA
130	TEE DE 1/2" DE POLIPROPILENO UNION FUSION	PZA
131	TEE DE 3/4" DE POLIPROPILENO UNION FUSION	PZA
132	REDUCCION DE 3/4" A 1/2" DE POLIPROPILENO (3CAPAS) UNION FUSION	PZA
133	COPLA DE 1/2" DE POLIPROPILENO (3 CAPAS) UNION FUSION	PZA
134	COPLA DE 3/4" DE POLIPROPILENO (3 CAPAS) UNION FUSION	PZA
135	CODO 45° PVC 2" PARA DESAGUE	PZA
136	CODO 45° PVC 3" PARA DESAGUE	PZA
137	CODO 45° PVC 4" PARA DESAGUE	PZA
138	CODO 45° PVC 6" PARA DESAGUE	PZA
139	CODO 90° PVC 2" PARA DESAGUE	PZA
140	CODO 90° PVC 3" PARA DESAGUE	PZA
141	CODO 90° PVC 4" PARA DESAGUE	PZA
142	CODO 90° PVC 4"x3" PARA DESAGUE	PZA
143	RAMAL DOBLE PVC 4" PARA DESAGUE	PZA
144	RAMAL SIMPLE PVC 6"x4" PARA DESAGUE	PZA
145	RAMAL SIMPLE PVC 4"x2" PARA DESAGUE	PZA
146	RAMAL SIMPLE PVC 4"x3" PARA DESAGUE	PZA
147	RAMAL SIMPLE PVC 4"x4" PARA DESAGUE	PZA
148	RAMAL SIMPLE PVC 3"x2" PARA DESAGUE	PZA
149	RAMAL SIMPLE PVC 3"x3" PARA DESAGUE	PZA
150	RAMAL SIMPLE PVC 2"x2" PARA DESAGUE	PZA
151	TEE 4"x4" PARA DESAGUE	PZA
152	TEE 4"x3" PARA DESAGUE	PZA
153	TEE 4"x2" PARA DESAGUE	PZA
154	TEE 2"x2" PARA DESAGUE	PZA
155	TEE 3"x2" PARA DESAGUE	PZA

156	TEE 6"x3" PARA DESAGUE	PZA
157	TEE 6"x4" PARA DESAGUE	PZA
158	TEE DOBLE 4"x2" PARA DESAGUE	PZA
<b>ARTEFACTOS SANITARIOS</b>		
159	PROVISION Y COLOCADO DE INODORO BLANCO DE TANQUE BAJO	PZA
160	PROVISION E INSTALACION DE LAVAMANOS CON GRIFERIA CROMADA Y MEZCLADOR MONOMANO 0.6 X 0.4	PZA
161	PROVISION E INSTALACION DE LAVAMANOS CON GRIFERIA CROMADA Y MEZCLADOR MONOMANO 0.73 X 0.45 M	PZA
162	PROVISION E INSTALACION DE LAVAMANOS CON GRIFERIA CROMADA Y MEZCLADOR MONOMANO 0.8 X 0.4 M	PZA
163	PROVISION E INSTALACION DE LAVAMANOS CON GRIFERIA CROMADA Y MEZCLADOR MONOMANO 1.0 X 0.4 M	PZA
164	PROVISION E INSTALACION DE LAVAPLATOS DE DOBLE FOSA CON REBALSE, INCLUYE GRIFO MEZCLADOR PARA LAVAPLATOS 1.0 x 0.54 m	PZA
165	PROVISION Y COLOCADO LAVAPLATOS DE 1 DEPOSITO Y 1 FREGADERO CON GRIFERIA	PZA
166	PROVISION E INSTALACION DE LAVAPLATOS DE DOBLE FOSA CON REBALSE 1.0 x 0.54 m	PZA
167	PROVISION Y COLOCADO LAVAPLATOS DE 1 DEPOSITO Y 1 FREGADERO CON GRIFERIA, INCLUYE MEZCLADOR PARA LAVAPLATOS	PZA
168	PROV Y COLOC DE URINARIO CUADRADO A MEDIA ALTURA	PZA
169	PROV. E INST. DE TANQUE DE AGUA DE 7500 LITROS INCLUYE ACCESORIOS	PZA
170	PROVISION Y COLOCACION TANQUE HIDRONEUMATICO	PZA
171	PROVISION E INSTALACION DE BOMBA 0.75 HP	PZA
172	CAJA DE MEDIDORES 20X60X80 INCLUYE 3 MEDIDORES CON ACCESORIOS	PZA
173	CAMARA DE INSPECCION DE 1,20 x 0,80 H = 1,20 m - 1,50 m	PZA
174	PROVISION Y COLOCACION MEZCLADORA PARA DUCHA (INCL ACCESORIOS)	PZA
175	PROV E INSTALACION DE TINA	PZA
176	PROV E INST DE ACCESORIOS PARA TANQUE ELEVADO DE HA	GL
177	PROV E INST DE CALEFON A GAS TIRO NATURAL 22L GN-GLP	PZA
178	PROVISION E INSTALACION DE LAVAMANOS CON GRIFERIA CROMADA 0.6 X 0.4	PZA
179	CAJA DE MEDIDORES 20X60X60 INCLUYE 2 MEDIDORES CON ACCESORIOS	PZA
180	CAJA DE MEDIDORES 20X60X40 INCLUYE MEDIDOR CON ACCESORIOS	PZA
<b>5. INSTALACION DE GAS(TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.rvt)</b>		
<b>TUBERIAS</b>		
181	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA FG 1/2"	M
182	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA FG 1"	M
183	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA FG 2 1/2" MONTANTE	M
184	PROVISION Y COLOCACION TUBERIA PVC VENTILACION 3"	M
<b>ACCESORIOS</b>		
185	VALVULA DE CORTE DE CUARTO DE GIRO 1/2"	PZA
186	VALVULA DE CORTE DE CUARTO DE GIRO 1"	PZA
<b>UNIONES</b>		
187	CODO DE FG 1/2"	PZA
189	CODO DE FG 1"	PZA
190	CODO DE FG 2 1/2"	PZA
191	CODO 90º PVC 3"	PZA
192	COPLA DE FG 1"	PZA
193	COPLA DE FG 2 1/2"	PZA
194	REDUCCION DE 1" A 1/2" FG	PZA
195	REDUCCION DE 2 1/2" A 1" FG	PZA
196	TEE 1" FG	PZA
197	TEE 2 1/2" FG	PZA
<b>ARTEFACTOS DE GAS</b>		
198	MEDIROR DE GAS 2.2DM3 1"	PZA
199	GABINETE DE REGULACION EN BAJA PRESIÓN	PZA

La Tabla 73 muestra la información extraída de los modelos BIM. La Figura 167 es una visualización tabular de la información extraída de las propiedades de las entidades.



Figura 167. Extracción de información de tareas de Revit – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2.2. Estructura de desglose de trabajo (EDT o WBS)

Según la información definida de las tareas se realiza el proceso de que tareas se deben realizar, y en qué orden para lograr el objetivo y alcance del proyecto. Implementando las buenas prácticas de Project Management Institute - Guía del PMBOK, se muestra la creación del EDT o WBS. Crear la EDT es el proceso de subdividir los entregables del proyecto y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar. El beneficio clave de este proceso es que proporciona un marco de referencia de lo que se debe entregar. Este proceso se lleva a cabo una única vez o en puntos predefinidos del proyecto. La Figura 168 muestra el desglose de una especialidad (Instalación de gas).

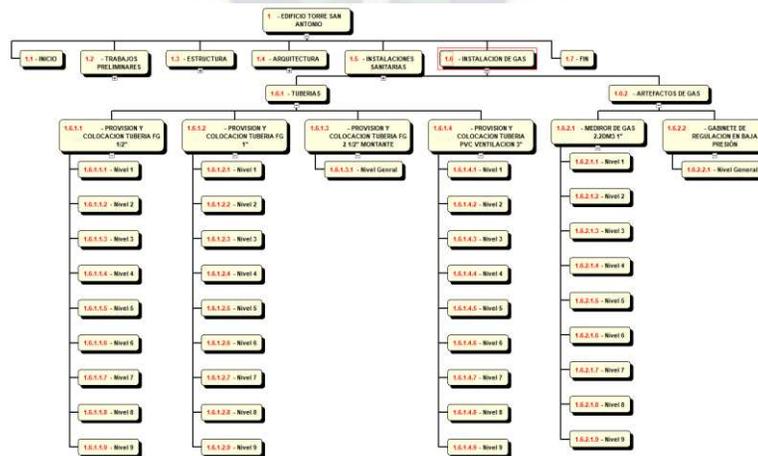


Figura 168. EDT instalación de gas – Fuente: Elaboración propia

La Figura 169 y Figura 170 muestra el desglose de una parte de la especialidad (Estructura). Además, tenemos un gráfico que muestra el archivo en Ms Project con el EDT respectivo de cada tarea:

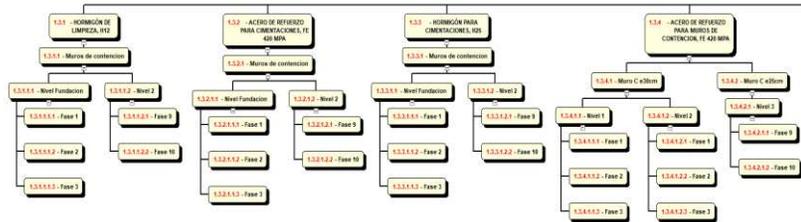


Figura 169. EDT Estructura – Fuente: Elaboración propia

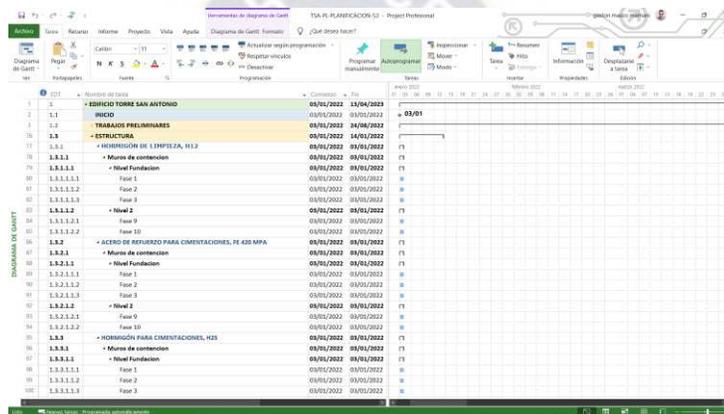


Figura 170. EDT Estructura en Ms Project – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2.3. Orden de las tareas a construir

Para la secuencia de construcción de las Tareas según fases, sectores y niveles, básicamente se utilizan herramientas proporcionados por Revit. A través de una metodología simple que consiste en asignar características (colores) a los elementos en el mismo modelo 3D dinamizamos el proceso de secuencia de construcción, logrando así, modificar rápidamente las fases, sectores y niveles; obtener metrados inmediatos y automáticos; y facilitar la labor de decisión por la mejor opción y distribución de trabajo como se muestra en la siguiente figura.

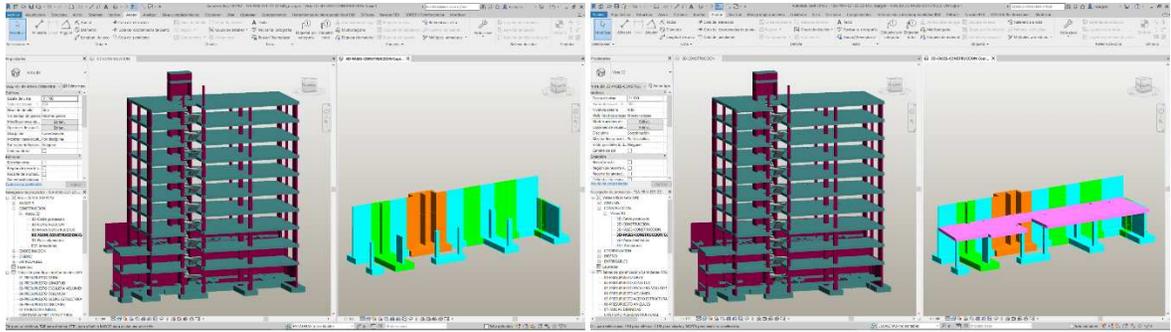


Figura 171. Fase de construcción - Muros de contención y losa nivel 1 – Fuente: Elaboración propia

Se sigue una secuencia de construcción según la jerarquía e importancia de los elementos tomando en cuenta la finalización de la tarea para comenzar y tener permiso para construir el elemento. Una visualización general de la forma de cómo se planifica se muestra en la siguiente figura:

TAREAS	1u															
T. PRELIMINARES																
ESTRUCTURAS																
ARQUITECTURA																
I. SANITARIAS																
I. DE GAS																

Figura 172. Secuencia general de construcción – Fuente: Elaboración propia

Para la mejor secuencia de construcción, se genera un Nivel 1 en la Planificación de fases de construcción para las tareas según la experiencia, especificaciones técnicas y experiencia de los especialistas de diseño. En la siguiente figura se muestra la planificación de las tareas sin duraciones ni recursos asignados:

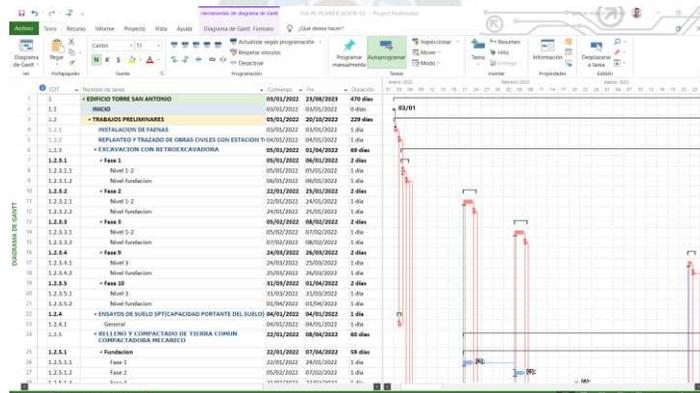


Figura 173. Planificación unitaria – Fuente: Elaboración propia

Se generaron dos escenarios de planificación, donde se varían el proceso de construcción de las especialidades de:

- Arquitectura
- Instalación sanitaria
- Instalación de Gas

### 3.4.2.2.4. Duraciones y recursos de las tareas

Se genera una tabla de planificación de cantidades en Revit según el alcance y la secuencia constructiva desarrollada para añadir parámetros de proyecto que nos ayudaran a determinar las horas hombre de cada tarea según la fase, sector y nivel. A continuación, se describe el procedimiento para determinar la duración en Revit:

- Buscar en el Análisis de Precios unitarios – Mano de obra, de la Tarea en el EDC que se proporcionó del departamento de Costos y Presupuestos.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
<b>DATOS GENERALES</b>					
Proyecto:	PRESUPUESTO GENERAL				
Actividad:	020102HORMIGÓN PARACOLUMNAS RECTANGULARES H 28				
Cantidad:	55,7500				
Unidad:	M3				
Moneda:	Pescolviano(Bs.)				
<b>1. MATERIALES</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Arenazonúm	M3	0,4700	115,0000	54,0500
2	CementoPortland	KG	355,0000	0,9000	319,5000
3	Clavos	KG	1,8000	8,5300	15,3540
4	Gravazonúm	M3	0,5300	120,0000	63,6000
5	Madera de construcción (3 uvas)	P2	87,3800	5,5000	480,5900
				<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>964,7440</b>
<b>2. MANO DE OBRA</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Albañil	HR	6,0000	20,5000	123,0000
2	Ayudante	HR	10,0000	15,0000	150,0000
3	Encofrador	HR	12,0000	20,5000	246,0000
				<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>519,0000</b>
				Cargas sociales = (% del subtotal de mano de obra) (5% a 11,15%)	77,115%
				(**) Impuestos IVA mano de obra = (% de suma de subtotal de mano de obra + cargas sociales)	14,84%
				<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>612,9150</b>
<b>3. EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Mezcladorap 50kg	HR	0,3000	18,0000	5,4000
2	Vibrador	HR	0,5000	15,0000	7,5000
				<b>HERRAMIENTAS = (% del total de mano de obra)</b>	<b>5,00%</b>
				<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>	<b>12,9000</b>
<b>4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
11 %	GASTOS GENERALES = % DE 1 + 2 + 3				225,9752
				<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>	<b>225,9752</b>
<b>5. UTILIDAD</b>					
7 %	UTILIDAD = % DE 1 + 2 + 3 + 4				159,8236
				<b>TOTAL UTILIDAD</b>	<b>159,8236</b>
<b>6. IMPUESTOS</b>					
3,08 %	IMPUESTOS IT = % DE 1 + 2 + 3 + 4 + 5				75,3947
				<b>TOTAL PRECIO UNITARIO (1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)</b>	<b>2.515,3552</b>
				<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (CON IVA (2) 09/09/09)</b>	<b>2.515,3552</b>
(*) El proponente deberá señalar los porcentajes pertenecientes a cada rubro.					
NOTA: El Proponente declara que el presente Formulario ha sido llenado de acuerdo con las especificaciones técnicas, aplicando las leyes sociales vigentes.					

Figura 174. Precio unitario Hormigón para Columnas Rectangulares – Fuente: Elaboración propia

2. MANO DE OBRA					
	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
1	Albañil	HR	6,0000	20,5000	123,0000
2	Ayudante	HR	10,0000	15,0000	150,0000
3	Encofrador	HR	12,0000	20,5000	246,0000

Figura 175. Mano de obra Hormigón para columnas Rectangulares – Fuente: Elaboración propia

b) Añadir y completar los parámetros de rendimiento de mano de obra para cada tarea.

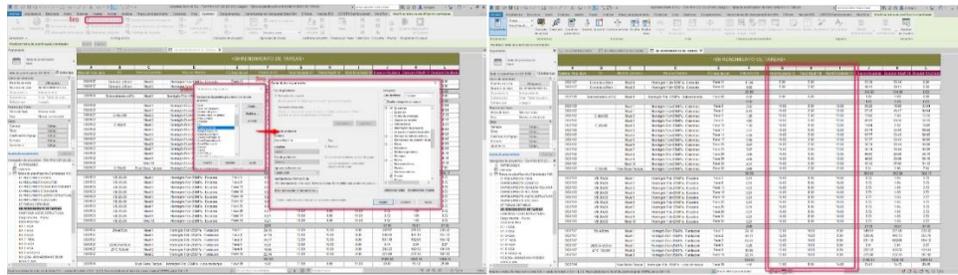


Figura 176. Parámetro de proyecto y rendimiento de mano de obra – Fuente: Elaboración propia

c) Añadir un parámetro para determinar la duración [HR] de cada tarea.

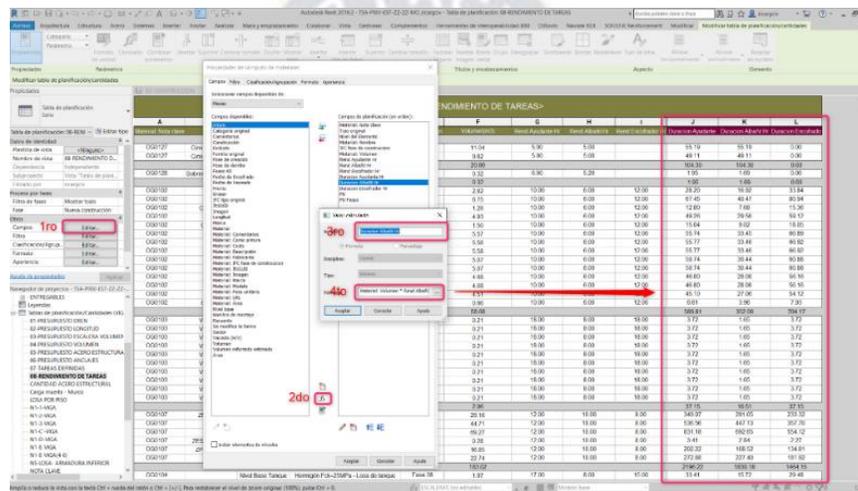


Figura 177. Duración de Tareas [HR] – Fuente: Elaboración propia

d) Exportar de Revit en formato .xlsx la planilla de duraciones.

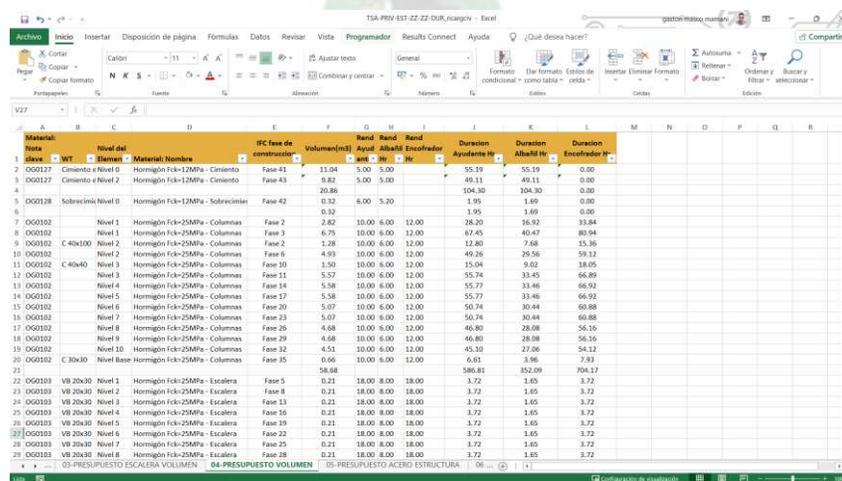


Figura 178. Planilla Excel de las cantidades y duraciones de las tareas – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.2.5. Asignación de duraciones y recursos en ms Project

Los recursos que se tiene en el proyecto se los añade en la hoja de recursos en la herramienta de trabajo Ms Project.

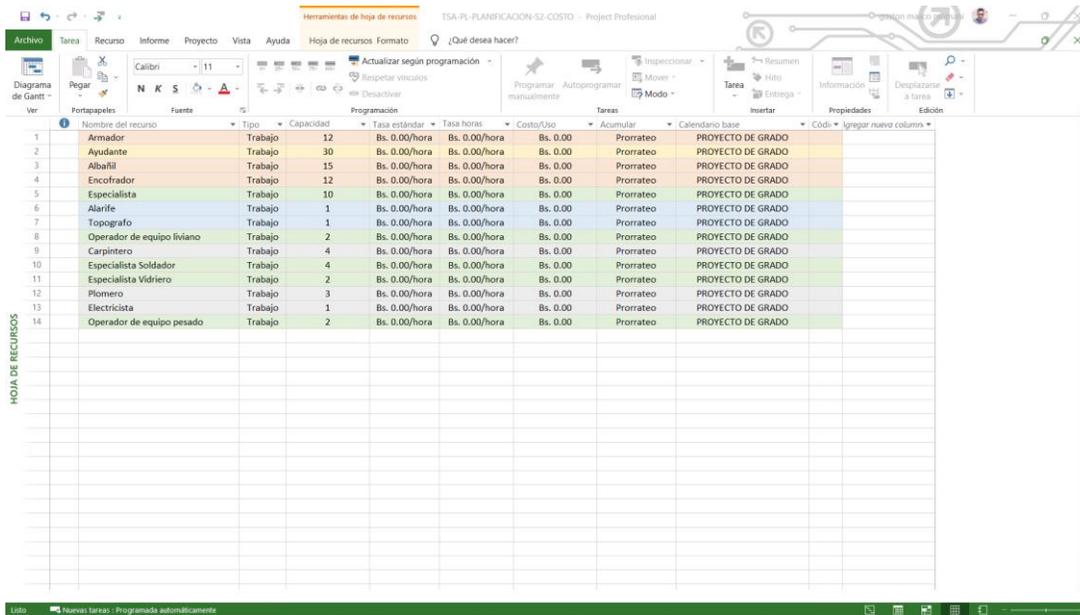


Figura 179. Recursos del proyecto en Ms Project – Fuente: Elaboración propia

Para la asignación de duraciones de la mano de obra se vincula cada desglose de tareas en el formulario de tareas de la herramienta de trabajo Ms Project.

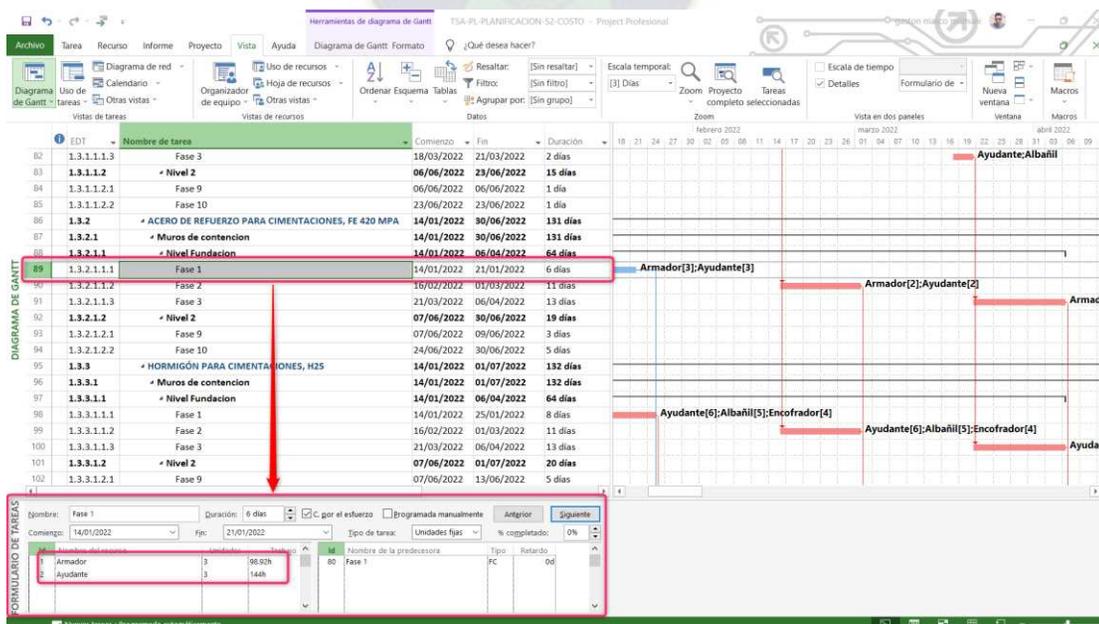


Figura 180. Asignación de duraciones en Ms Project – Fuente: Elaboración propia

Se generaron dos escenarios de planificación donde se varían los inicios y finales de cada tarea de las especialidades de Sitio, Arquitectura, Sanitario y de gas, donde, varia las fechas de inicio y finalización del

Alternativa	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración en Días
Primera	03/01-2022	19/04/2024	659
Segunda	03/01-2022	18/11/2023	539

### 3.4.2.3. Requisitos de información de los modelos para la planificación de fases

Los modelos BIM deben tener los siguientes requisitos de información de datos y geométricos:

Información de datos	
Información	Descripción
<b>1. Nombre, tipo y ubicación del archivo</b>	
1.1. Nombre del archivo	El nombre de los archivos debe estar estructurado según corresponda en el PEB por ejemplo TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.ifc
1.2. Tipo de archivo	.ifc (Industry Foundation Classes).
1.3. Ubicación del archivo	CDE (Entorno de datos compartidos).
<b>2. Punto base del proyecto y coordenadas</b>	
2.1. Punto Base del Proyecto	WGS 84/UTM zona 19S Coordenadas: E: 595216.504 N: 8175912.228 Z: 3773.273 En relación al punto de reconocimiento.
<b>3. Entidades</b>	
3.1. Jerarquía	Las entidades deberán estar modeladas de manera correcta, categorizada de forma jerárquica para poder transmitir todos sus parámetros de una forma ordenada y fácil de entender. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disciplina</li> <li>• Categoría</li> <li>• Familia</li> <li>• Tipo</li> <li>• Ejemplar</li> </ul>
3.2. Subproyectos	Las entidades de cada modelo BIM estarán catalogadas bajo el parámetro Subproyecto con la siguiente información: Modelos BIM Sitio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terreno</li> <li>• Elementos civiles</li> </ul> Modelos BIM Arquitectura:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas-Espacios</li> <li>• Muros</li> <li>• Equipos e Instalaciones</li> <li>• Cielos Falsos</li> <li>• Sistemas de Circulación (Escaleras y Ascensores)</li> <li>• Muros Cortina</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Puertas</li> <li>• Losas (Suelos)</li> <li>• Muebles</li> </ul> <p>Modelos BIM Estructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundaciones</li> <li>• Muros</li> <li>• Columnas</li> <li>• Vigas</li> <li>• Ábacos</li> <li>• Losa/Radier</li> <li>• Escaleras</li> </ul> <p>Modelo BIM Sanitario:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución y tuberías MEP <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Agua caliente</li> <li>○ Agua fría</li> <li>○ Sanitario</li> <li>○ Ventilación</li> <li>○ Pluvial</li> </ul> </li> <li>• Equipos e instalaciones</li> <li>• Equipamiento y tableros MEP</li> </ul> <p>Modelo BIM Instalación de Gas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos y tableros MEP</li> <li>• Distribución y tuberías MEP <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gas</li> </ul> </li> </ul>
<b>4. Propiedad de Parámetro</b>	
4.1. Construcción	<p>Creación de nuevos parámetros de proyecto según al proceso constructivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel</li> <li>• Fase de construcción</li> <li>• Vaciado (H/V)</li> </ul> <p>Nota: Los modelos BIM Estructura y Arquitectura son representados como piezas.</p>
4.2. Datos de identidad	<p>Creación de nuevos parámetros de proyecto según al proceso constructivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre de tipo</li> <li>• Nombre de ítems</li> <li>• Material</li> </ul>
4.3. Datos Tuberías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de sistema</li> </ul>

Información geométrica	
Información	Descripción
2. Entidades	Cada entidad deberá estar modelada de manera correcta y cumpliendo como mínimo con los requisitos del Avance de Información el Proyecto (EAIM) establecido en el PEB.

### 3.4.2.4. Control de calidad de los modelos

Los requisitos de información de los modelos BIM serán revisados por el Revisor BIM para verificar si cumple la información necesaria para la planificación de fases.

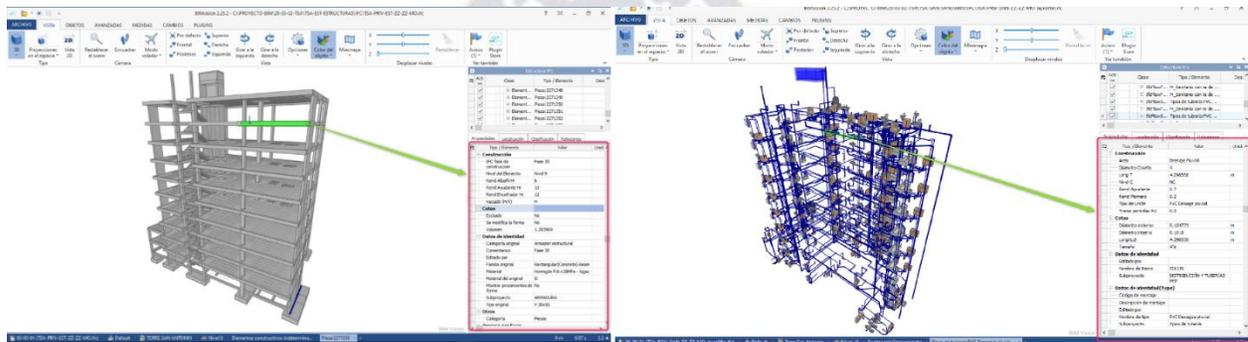


Figura 181. Revisión de modelos BIM – BIM Visio – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.5. Generar el modelo 4D

#### 3.4.2.5.1. Integrar cronograma y modelo

La ubicación de los archivos de cronograma y modelos BIM se encuentran en las siguientes tablas:

- Modelos BIM en formato .ifc

Modelo BIM	Nombre de la Carpeta	Sub carpeta	Archivo IFC	Ubicación
Volumétrico	TSA-VOL-VOLUMETRICO	IFC	TSA-PRIV-VOL-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE
Sitio	TSA-SIT-SITIO_TOPOGRAFIA	IFC	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE
Arquitectura	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	IFC	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE
Estructura	TSA-EST-ESTRUCTURAS	IFC	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE
Sanitario	TSA-SAN-SANITARIO	IFC	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE
Gas	TSA-GAS-GAS	IFC	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO.ifc	CDE

- Cronograma de proyecto en formato .xml

Proyecto	Nombre de la Carpeta	Sub carpeta	Archivo .xml	Ubicación
PLANIFICACION	TSA-PLANIFICACION	PLANIFICACION	TSA-PM-PLANIFICACION	CDE

- Para integrar los modelos BIM y cronograma de proyecto se utiliza la herramienta de trabajo SYNCHRO PRO, en la siguiente figura se muestra la importación de los modelos y cronograma.

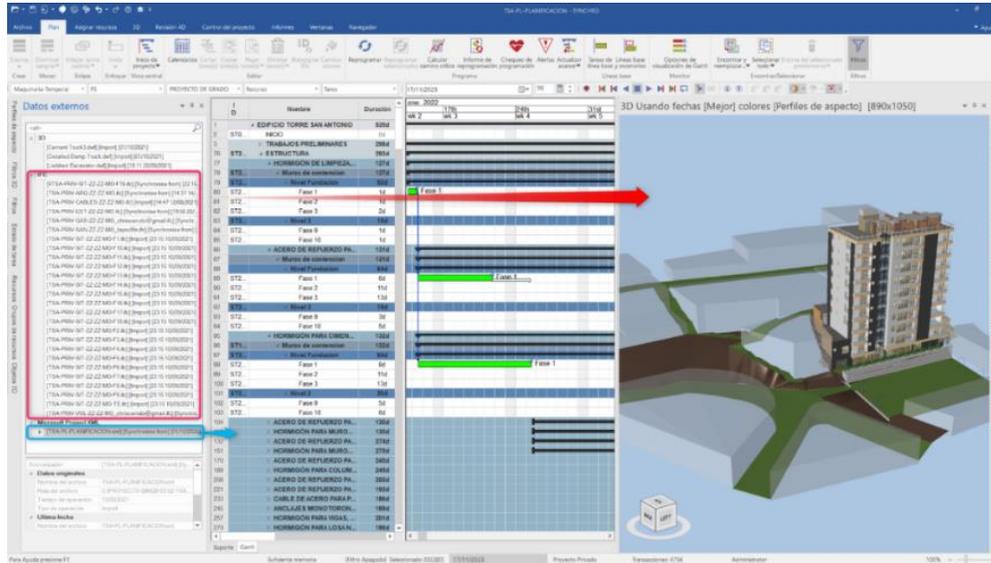


Figura 182. Modelos BIM y cronograma de proyecto en Synchro pro – Fuente: Elaboración propia

- Se crea una regla de asignación automática para asignar múltiples Recursos 3D a las Tareas apropiadas, haciendo coincidir sus valores de campo de usuario. Los campos de usuario que se añaden en Synchro fueron definidos en los requisitos de información de los modelos, con esta información se vincula las tareas y las entidades de forma automática.

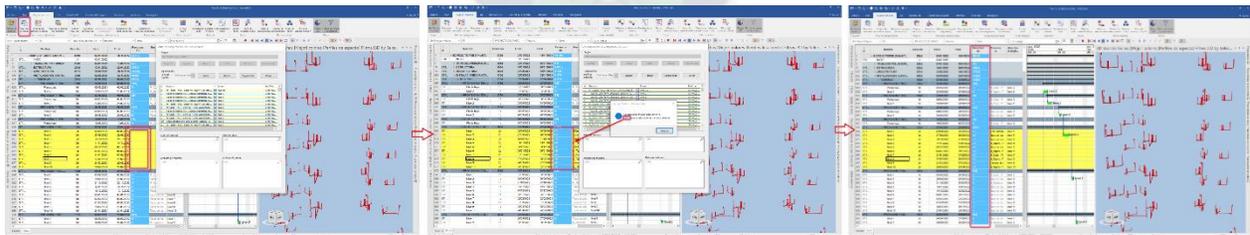


Figura 183. Asignación Automático de Recursos 3D y Tareas – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.5.2. Simulación 4D

Se genera la simulación 4D a través del modelo controlando los riesgos y conflictos entre las actividades y los elementos temporales en un entorno dinámico antes de que llegue a producirse. La alternativa podrá ser optimizada cada vez que se vuelva a generar una nueva simulación y así poder llegar a un proceso de construcción más realista en el modelo 4D.

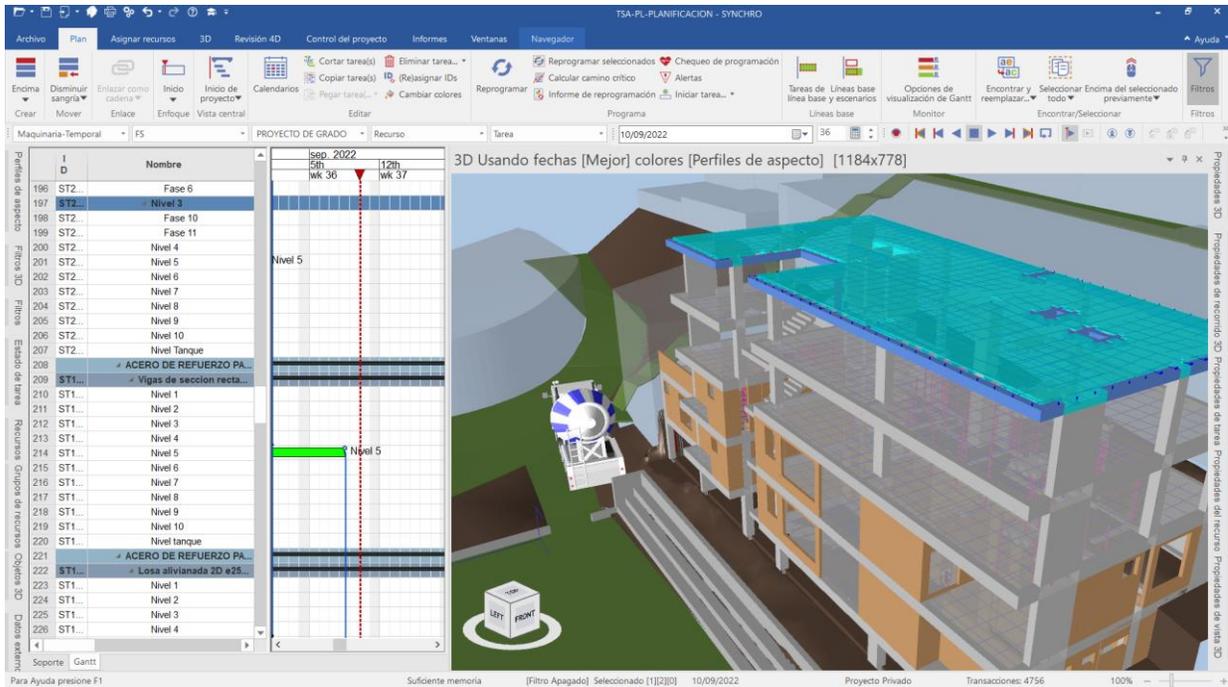


Figura 184. Simulación 4D – Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2.6. Validar el modelo 4D

Se agenda una reunión entre el coordinador BIM y los últimos planificadores para revisar y aprobar lo siguiente:

DESCRIPCION	APROBADO		OBSERVACION
	SI	NO	
Modelo Volumétrico	X		
Modelo de sitio	X		
Modelo de Arquitectura	X		
Modelo de Estructura	X		
Modelo de Inst. Sanitarias	X		
Modelo Inst. de Gas	X		
Duración total del proyecto	X		
Fecha de inicio	X		
Fecha de finalización	X		
EDT	X		
Tareas	X		
Recursos	X		
Hitos de entrega de material	X		
Hitos de finalización de especialidades	X		

### 3.4.2.7. Entregables planificaciones de fases

- Modelos

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO PLANIFICACION DE FASES	SP (*.sp)	TSA-PLANIFICACION	MODELOS	TSA-PRIV-PM-ZZ-ZZ-MO

### Documentos

PLANIFICACION DE FASES				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
PLANIFICACION DE FASES	MPP (*.mpp)	TSA-PLANIFICACION	PLANIFICACION	TSA-PRIV-PM-ZZ-ZZ-0001
PLANIFICACION DE FASES	XML (*.xml)	TSA-PLANIFICACION	PLANIFICACION	TSA-PRIV-PM-ZZ-ZZ-0001
PLANIFICACION DE FASES	MPP (*.mpp)	TSA-PLANIFICACION	PLANIFICACION	TSA-PRIV-PM-ZZ-ZZ-0002
PLANIFICACION DE FASES	XML (*.xml)	TSA-PLANIFICACION	PLANIFICACION	TSA-PRIV-PM-ZZ-ZZ-0002

### 3.4.3. ESTIMACIÓN DE CANTIDADES Y COSTOS

#### 3.4.3.1. Flujo de trabajo estimación de cantidades y costos

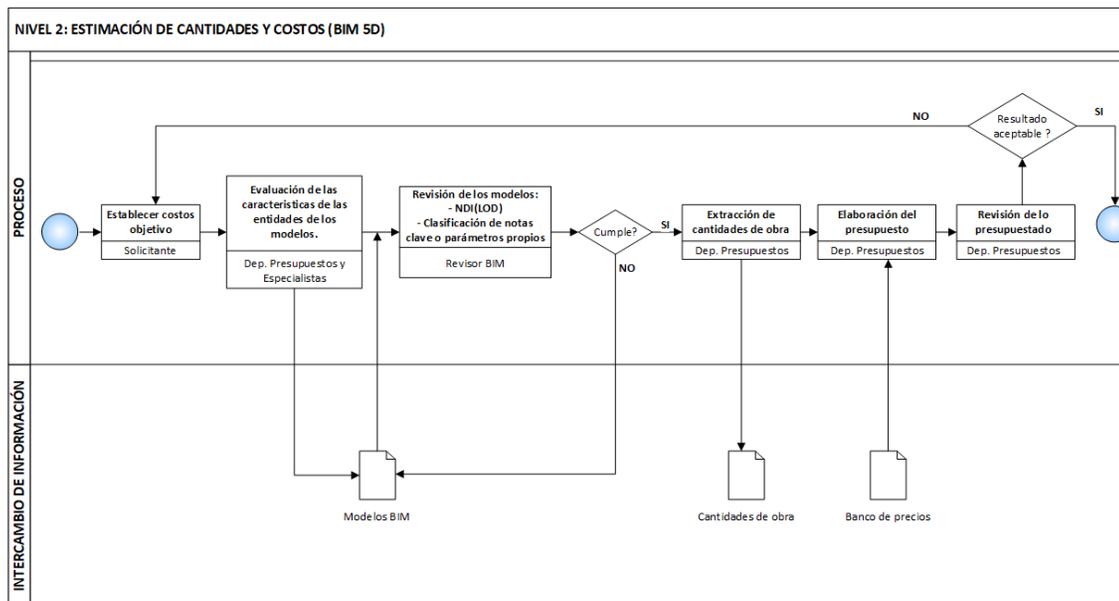


Figura 185 Flujo de trabajo estimación de cantidades y costos - Fuente: PEB

#### 3.4.3.2. Establecer costos objetivo

El costo objetivo del proyecto se realizó en base a datos referenciales en los ingresos y egresos según el siguiente concepto.

Tabla 74. Costo objetivo del proyecto Torre San Antonio Fuente: Elaboración Propia

Costo Objetivo Proyecto Torre San Antonio			
Concepto de departamentos			
Departamento	Cant		Precio Ref Venta [ \$ ]
3 Dormitorios	10		110000
2 Dormitorios	14		75000
	Total		2150000
Costo de construcción			
Área por planta [m2]			318
Número de plantas			10
Costo Referencial por metro cuadrado [ \$ ]			500
Total [ \$ ]			1590000
Costo documentos legales			
Costo referencial por tipo de proyecto [ \$ ]			7000
Costo adquisición del terreno			
Precio acordado con el propietario [ \$ ]			80000
Interés bancario sobre financiación		6%	100620
Costo estimado total [ \$ ]			1777620
Ingresos estimados			372380

### 3.4.3.3. Evaluación de las características de las entidades de los modelos

Previa a la modelación de las entidades se definieron criterios generales de diferenciación entre los ejemplares de los mismos, estos criterios se exponen en las siguientes tablas según el modelo BIM correspondiente.

<b>1. Modelo de Arquitectura</b>	
Entidad	Diferenciación dentro de una misma entidad
Ejes	-
Puertas	Por Tipo
Zonas/Espacios	-
Losas	Por Tipo
Muros	Por Piezas
Muro Cortina	Por Tipo
Ventana	Por Tipo
Cubiertas	Por Tipo
Cielo Falso	Por Tipo
Escaleras	Por Tipo
Equipos e Instalaciones	-
Muebles	-
Estructuras Especiales	-
Equipamiento y tableros MEP	-

Figura 186. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia

<b>2. Modelo de Estructura</b>	
Entidad	Diferenciación dentro de una misma entidad
Ejes	-
Terreno	-
Fundaciones	Por Piezas
Columnas	Por Piezas
Vigas	Por Piezas
Losas	Por Piezas
Muros	Por Piezas
Escaleras	Por Material
Estructuras Especiales	-

Figura 187. Diferenciación entre entidades Modelo de Estructura – Fuente: Elaboración propia

<b>3. Modelo MEP - Instalaciones de Plomería</b>	
Entidad	Diferenciación dentro de una misma entidad
Ejes	-
Equipos e Instalaciones	Por Tipo
Equipamiento y tableros MEP	Por Tipo
Distribución y Tuberías MEP	Por Tipo

Figura 188. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia

4. Modelo MEP - Instalaciones de Gas	
Entidad	Diferenciación dentro de una misma entidad
Equipos e Instalaciones	Por Tipo
Equipamiento y tableros MEP	Por Tipo
Distribución y Tuberías MEP	Por Tipo

Figura 189. Diferenciación entre entidades Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia

Culminada la fase de diseño a detalle correspondiente a los Estado de Avance de la Información en los modelos de arquitectura, estructura y MEP, se realizó el requerimiento de los ejemplares utilizados en cada modelo BIM. Con estos ejemplares se definió los ítems a ser considerados en el presupuesto en coordinación con los especialistas.

Se añadió el análisis de precios unitarios para cada ítem en el programa Arquímedes, para este fin, se utilizó principalmente la base de datos del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz de mayo 2021.

Código	Doc.	Pli	GR	Ud	Resumen	Cant	Coste	Importe
OG00					OBRA GRUESA	1,0000	4.633.217,3496	4.633.217,3496
OG01					ESTRUCTURAS	1,0000	2.435.774,0795	2.435.774,0795
OG0102			M3		HORMIGON PARA COLUMNAS RECTANGULARES H-25	1,0000	2.102,3565	2.102,3565
M_Cemento			KG		Cemento Portland	400,0000	0,9600	384,0000
M_Aren_Con			M3		Arena común	0,4700	115,0000	54,0500
M_Grava_Co			M3		Grava común	0,6300	125,0000	78,7500
M_Mad_C			P2		Madera de construcción (3 usos)	87,3800	5,5000	480,5900
M_Clavos			KG		Clavos	1,8000	8,5300	15,3540
mo_Ayudant			HR		Ayudante	10,0000	15,0000	150,0000
mo_Albanhil			HR		Albañil	6,0000	20,5000	123,0000
mo_Enfoc			HR		Encofrador	12,0000	20,5000	246,0000
mo%cs			%		beneficios sociales	71,1800	519,0000	369,4242
mo%iva			%		IVA	14,9400	888,4242	132,7306
mo%h			%		herramientas	5,0000	1.021,1548	51,0577
MQ_Mezc			HR		Mezcladora p/50kg	0,3000	18,0000	5,4000
MQ_Vibr			HR		Vibradora de concreto 35 mm de aguja	0,8000	15,0000	12,0000

Figura 190. Estructura de precio unitario cargado en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia

Cada precio unitario presenta un desglose similar al de la figura anterior. Los porcentajes de las incidencias fueron tomadas de la base de datos mencionada.

Para cada ítem proveniente de los modelos se generó el requerimiento de parámetros que deben ser añadidos a cada ejemplar.

<b>1. Modelo de Arquitectura</b>			
Entidades	Unidad de medida	Parámetros en entidades*	
		Nota clave	Cod_Piezas
<b>Ejes</b>			
<b>Puertas</b>			
Puerta interior madera cedro 0.7 x 2.1 m	PZA	OF0401	-
Puerta interior madera cedro 0.6 x 2.1 m	PZA	OF0406	-
Puerta interior madera cedro 0.8 x 2.1 m	PZA	OF0407	-
Puerta interior madera cedro 0.9 x 2.1 m	PZA	OF0408	-
Puerta corrediza aluminio cristal ducha	M2	OF0404	-
Puerta corrediza aluminio cristal terraza	M2	OF0405	-
Puerta para muro cortina de vidrio	M2	OF0409	-
Puerta box de ducha aluminio cristal	PZA	OF0410	-
Puerta metalica de plancha de 1/16"	M2	OF0411	-
Puerta metalica exterior basculante 3.00x2.20m	PZA	OF0412	-
Puerta metalica de ingreso	M2	OF0413	-
<b>Zonas/espacios</b>			
<b>Losas/Radier</b>			
<b>Muros</b>			
Muro de ladrillo 6h e = 10 cm dosif 1:5	M2	-	OG0201
Muro de ladrillo 6h e = 15 cm dosif 1:5	M2	-	OG0202
Muro de ladrillo 3h e = 5 cm dosif 1:5	M2	-	OG0203
Muro de ladrillo gambote 18h e = 10 cm dosif 1:5	M2	-	OG0204
<b>Muro cortina</b>			
Muro cortina de vidrio	M2	OF0303	-
<b>Ventanas</b>			
Prov. Y coloc. Ventana de aluminio doble fija incluye vidrio	M2	OF0301	
<b>Cubiertas / Techumbre</b>			
Hormigón de losa llena para cubierta H-25	M3		
<b>Cielos falsos / Acabados</b>			
Cielo falso de (drywall) placas de yeso prefabricadas resistente a la humedad	M3	OF0701	
Revestimiento de azulejo nacional	M2	-	OF0201
Revoque interior de yeso	M2	-	OF0206
Revoque exterior mortero (fachada)	M2	-	OF0205
Revoque exterior mortero (castigada)	M2	-	OF0218
Revoque interior mortero	M2	-	OF0215
Pintura fachada	M2	-	OF0216
Pintura en interiores latex (dos manos)	M2	-	OF0213
Pintura al oleo sobre muros	M2	-	OF0214
Cenefa de ceramica	ML	-	OF0217
Zocalo de madera cedro	ML	-	OF0211
Fachada flotante con paneles de aluminio	M2	-	OF0212
Piso flotante	M2	OF0105	-
Contrapiso de cemento sobre losa e=5cm	M2	OF0106	-
<b>Sistemas de circulación / Escaleras / Rampas</b>			
Baranda metalica con pasamanos de fg 3" y 5 hilos	ML	OF0501	
Baranda de vidrio templado simple	ML	OF0502	
Escalera metalica de un tramo	GL	OF0504	
<b>Equipos e instalaciones</b>			
<b>Muebles</b>			
<b>Equipamiento y tableros mep</b>			

Figura 191. Requerimiento de parámetros en Modelo de Arquitectura – Fuente: Elaboración propia

\*Parámetros en entidades

- Nota Clave es el parámetro por defecto que tienen los tipos de familias en Revit.
- Cod\_Piezas es un parámetro de proyecto que fue creado para la categoría piezas.

2. Modelo de Estructura				
Entidad	Unidad de medida	Parámetros en entidades*		
		Nota Clave	Cod_Piezas	Cod_AceroRef
<b>Ejes</b>				
<b>Terreno</b>				
<b>Fundaciones</b>				
Hormigon para cimentaciones H-25	M3	-	OG0107	-
Hormigón de limpieza H-12	M3	-	OG0124	-
Cimientos de Hº Cº 40% de piedra desplazadora dosif 1:3:4	M3	-	OG0127	-
Sobrecimientos de Hº Cº 50% de piedra desplazadora dosif 1:3:4	M3	-	OG0128	-
Acero de refuerzo para cimentaciones fe = 420 mpa	KG	-	-	FUNDACION
<b>Columnas</b>				
Hormigon para columnas rectangulares H-25	M3	-	OG0102	-
Acero de refuerzo para columnas fe = 420 mpa	KG	-	-	COLUMNAS
<b>Vigas</b>				
Hormigon para viga H-28	M3	-	OG0106	-
Acero de refuerzo para vigas fe = 420 mpa	KG	-	-	VIGAS
<b>Losas</b>				
Hormigón para losa alivianada 2D H-28	M3	-	OG0104	-
Hormigón para losa maciza tanque elevado de agua H-25	M3	-	OG0123	-
Hormigón para losa llena H-25	M3	-	OG0125	-
Acero de refuerzo para losa alivianada 2D fe = 420 mpa	KG	-	-	LOSA ALIVIANADA 2D
Acero de refuerzo para losa de tanque fe = 420 mpa	KG	-	-	LOSA LLENA TANQUE
Acero de refuerzo para losa llena	KG	-	-	LOSA LLENA 2D
Anclajes monotorones de 1/2" c/cuñas de 7 hilos sure lock	PTO	OG0411	-	-
Tesado de cables con equipo monotoron	PTO	-	-	-
Cables de pretensado monotorones	ML	OG0412	-	-
<b>Muros</b>				
Hormigon premezclado para muro de contencion H-25	M3	-	OG0105	-
Hormigon para muro de corte H-25	M3	-	OG0112	-
Hormigon para tanque elevado de agua H-25	M3	-	OG0116	-
Acero de refuerzo para muros de corte fe = 420 mpa	KG	-	-	MUROS DE CORTE
Acero de refuerzo para muros de contencion fe = 420 mpa	KG	-	-	MUROS DE CONTENCION
Acero de refuerzo para tanque de agua fe = 420 mpa	KG	-	-	MUROS DE TANQUE
<b>Escaleras</b>				
Hormigon para escaleras H-25*	M3	OG0103	-	-
Acero de refuerzo para escalera fe = 420 mpa	KG	-	-	ESCALERA

Figura 192. Requerimiento de parámetros en Modelo de Estructura – Fuente: Elaboración propia

\*Parámetros en entidades

- Nota Clave es el parámetro por defecto que tienen los tipos de familias en Revit.
- Cod\_Piezas es un parámetro de proyecto que fue creado para la categoría piezas.
- Cod\_AceroRef es un parámetro de proyecto que fue creado para la categoría armadura estructural.

\*Hormigón para escaleras H-25

- La nota clave se designó al material exclusivo para escaleras.

3. Modelo MEP - Instalaciones de Plomería				
Entidad	Unidad de medida	Parámetros en entidades*		
		Nota clave	Cod_Tub	Cod_AccUn
<b>Ejes</b>				
<b>Equipos e Instalaciones</b>				
Provision y colocado de inodoro blanco de tanque bajo	PZA	IS0401	-	-
Provision e instalacion de lavamanos con griferia cromada y mezclador monomano 0.6 x 0.4	PZA	IS0402	-	-
Provision e instalacion de lavamanos con griferia cromada y mezclador monomano 0.73 x 0.45 m	PZA	IS0403	-	-
Provision e instalacion de lavamanos con griferia cromada y mezclador monomano 0.8 x 0.4 m	PZA	IS0404	-	-
Provision e instalacion de lavamanos con griferia cromada y mezclador monomano 1.0 x 0.4 m	PZA	IS0405	-	-
Provision e instalacion de lavaplatos de doble fosa con rebalse, incluye grifo mezclador para lavaplatos 1.0 x 0.54 m	PZA	IS0406	-	-
Provision y colocado lavaplatos de 1 deposito y 1 fregadero con griferia	PZA	IS0407	-	-
Provision e instalacion de lavaplatos de doble fosa con rebalse 1.0 x 0.54 m	PZA	IS0408	-	-
Provision y colocado lavaplatos de 1 deposito y 1 fregadero con griferia, incluye mezclador para lavaplatos	PZA	IS0409	-	-
Prov y coloc de urinario cuadrado a media altura	PZA	IS0410	-	-
Prov. E inst. De tanque de agua de 7500 litros incluye accesorios	PZA	IS0411	-	-
Provision y colocacion tanque hidroneumatico	PZA	IS0413	-	-
Provision e instalación de bomba 0.75 hp	PZA	IS0414	-	-
Caja de medidores 20x60x80 incluye 3 medidores con accesorios	PZA	IS0416	-	-
Camara de inspeccion de 1,20 x 0,80 h = 1,20 m - 1,50 m	PZA	IS0417	-	-
Provision y colocacion mezcladora para ducha (incl accesorios)	PZA	IS0418	-	-
Prov e instalacion de tina	PZA	IS0419	-	-
Prov e inst de accesorios para tanque elevado de ha	GL	IS0420	-	-
Prov e inst de calefon a gas tiro natural 24l gn-glp	PZA	IS0422	-	-
Provision e instalacion de lavamanos con griferia cromada 0.6 x 0.4	PZA	IS0424	-	-
Caja de medidores 20x60x60 incluye 2 medidores con accesorios	PZA	IS0425	-	-
Caja de medidores 20x60x40 incluye medidor con accesorios	PZA	IS0426	-	-

Figura 193. Requerimiento de parámetros de equipos e instalaciones Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia

Entidad	Unidad de medida	Parámetros en entidades*		
		Nota clave	Cod_Tub	Cod_AccUn
<b>Distribución y Tuberías MEP</b>				
<b>Tuberías</b>				
Provision y tendido de tubería PVC desagüe 2"	ML	-	IS0112	-
Provision y tendido de tubería PVC desagüe 3"	ML	-	IS0113	-
Provision y tendido de tubería PVC desagüe 4"	ML	-	IS0114	-
Provision y tendido de tubería PVC desagüe 6"	ML	-	IS0115	-
Provision y colocado de tubería colgada PVC desagüe 2"	ML	-	IS0116	-
Provision y colocado de tubería colgada PVC desagüe 3"	ML	-	IS0117	-
Provision y colocado de tubería colgada PVC desagüe 4"	ML	-	IS0118	-
Provisión e instalación de tubería colgada de 1/2" de polipropileno (3 capas)	ML	-	IS0119	-
Provisión e instalación de tubería colgada de 3/4" de polipropileno (3 capas)	ML	-	IS0120	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 1/2" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0124	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 3/4" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0125	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 1" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0126	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 1 1/4" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0136	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 1 1/2" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0127	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 2" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0128	-
Provision y colocacion tuberia colgada PVC 2 1/2" e-40 (junta a rosca)	ML	-	IS0129	-
Provision y colocado bajante de PVC 4" (tuberia de desagüe)	ML	-	IS0130	-
Provision y colocado bajante de PVC 4" (tuberia de ventilación)	ML	-	IS0131	-
Provision y colocado de tubería colgada PVC ventilación 2"	ML	-	IS0132	-
Provision y colocado bajante de PVC 4" (tuberia de sistema pluvial)	ML	-	IS0135	-
Provision y colocacion tuberia alimentación tanque elevado	ML	-	IS0140	-
Provision y colocacion tuberia para acometida	ML	-	IS0141	-
<b>Accesorios</b>				
Llave de paso de bronce 1/2"	PZA	-	-	IS0301
Llave de paso de bronce 3/4"	PZA	-	-	IS0302
Rejilla de piso de acero inoxidable de 10 x 10 cm	PZA	-	-	IS0310
Caja sifonada 150x185x75	PZA	-	-	IS0311
Caja sifonada 100x150x50	PZA	-	-	IS0312
Rejilla de piso de acero inoxidable de 20 x 20 cm pluvial	PZA	-	-	IS0313
Registro roscado	PZA	-	-	IS0314

Figura 194. Requerimiento de parámetros de tuberías y accesorios Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia

Entidad	Unidad de medida	Parámetros en entidades*		
		Nota clave	Cod_Tub	Cod_AccUn
<b>Uniones</b>				
Codo 90° PVC 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO201
Codo 90° PVC 3/4" E-40	PZA	-	-	ISO202
Codo 90° PVC 1" E-40	PZA	-	-	ISO203
Codo 90° PVC 1 1/4" E-40	PZA	-	-	ISO257
Codo 90° PVC 1 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO204
Codo 90° PVC 2 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO258
Tee PVC 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO206
Tee PVC 3/4" E-40	PZA	-	-	ISO207
Tee PVC 1" E-40	PZA	-	-	ISO208
Tee PVC 1 1/4" E-40	PZA	-	-	ISO263
Tee PVC 1 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO209
Tee PVC 2" E-40	PZA	-	-	ISO210
Tee PVC 2 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO264
Reduccion de PVC 3/4" a 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO211
Reduccion de PVC 1" a 3/4" E-40	PZA	-	-	ISO212
Reduccion de PVC 1 1/2" a 1" E-40	PZA	-	-	ISO213
Reduccion de PVC 2" a 1 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO214
Reduccion de PVC 2 1/2" a 2" E-40	PZA	-	-	ISO262
Reduccion de PVC 2 1/2" a 1 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO261
Reduccion de PVC 1" a 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO260
Copla de PVC 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO215
Copla de PVC 3/4" E-40	PZA	-	-	ISO216
Copla de PVC 1" E-40	PZA	-	-	ISO217
Copla de PVC 1 1/2" E-40	PZA	-	-	ISO218
Copla de PVC 1 1/4" E-40	PZA	-	-	ISO259
Codo 90° de 1/2" de polipropileno union fusion	PZA	-	-	ISO220
Codo 90° de 3/4" de polipropileno union fusion	PZA	-	-	ISO221
Tee de 1/2" de polipropileno union fusion	PZA	-	-	ISO225
Tee de 3/4" de polipropileno union fusion	PZA	-	-	ISO226
Reduccion de 3/4" a 1/2" de polipropileno (3capas) union fusion	PZA	-	-	ISO230
Copla de 1/2" de polipropileno (3 capas) union fusion	PZA	-	-	ISO234
Copla de 3/4" de polipropileno (3 capas) union fusion	PZA	-	-	ISO235
Codo 45° PVC 2" para desagüe	PZA	-	-	ISO239
Codo 45° PVC 3" para desagüe	PZA	-	-	ISO240
Codo 45° PVC 4" para desagüe	PZA	-	-	ISO241
Codo 45° PVC 6" para desagüe	PZA	-	-	ISO242
Codo 90° PVC 2" para desagüe	PZA	-	-	ISO243
Codo 90° PVC 3" para desagüe	PZA	-	-	ISO244
Codo 90° PVC 4" para desagüe	PZA	-	-	ISO245
Codo 90° PVC 4"x3" para desagüe	PZA	-	-	ISO273
Ramal doble PVC 4" para desagüe	PZA	-	-	ISO247
Ramal simple PVC 6"x4" para desagüe	PZA	-	-	ISO267
Ramal simple PVC 4"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO248
Ramal simple PVC 4"x3" para desagüe	PZA	-	-	ISO249
Ramal simple PVC 4"x4" para desagüe	PZA	-	-	ISO256
Ramal simple PVC 3"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO266
Ramal simple PVC 3"x3" para desagüe	PZA	-	-	ISO265
Ramal simple PVC 2"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO268
Tee 4"x4" para desagüe	PZA	-	-	ISO254
Tee 4"x3" para desagüe	PZA	-	-	ISO255
Tee 4"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO274
Tee 2"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO269
Tee 3"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO270
Tee 6"x3" para desagüe	PZA	-	-	ISO271
Tee 6"x4" para desagüe	PZA	-	-	ISO272
Tee doble 4"x2" para desagüe	PZA	-	-	ISO275

Figura 195. Requerimiento de parámetros de uniones Modelo MEP Sanitario – Fuente: Elaboración propia

\*Parámetros en entidades

- Nota Clave es el parámetro por defecto que tienen los tipos de familias en Revit.
- Cod\_Tub es un parámetro de proyecto que fue creado para la categoría tuberías.
- Cod\_AccUn es un parámetro de proyecto que fue creado para la categoría accesorios y uniones de tubería.

**3.4.3.4. Revisión de los modelos**

Fueron revisados los requisitos de parámetros expuestos en el punto anterior. Cada entidad deberá estar modelada de manera correcta y cumpliendo como mínimo con los requisitos del Avance de Información el Proyecto (EAIM) establecido en el PEB. La revisión de clasificación de notas clave y parámetros de proyecto se realizó a través de tablas de planificación dentro del programa Revit.

<TSA-PRIV-SAN-XX-PT-Aparatos sanitarios>		
A	B	C
Nota clave	Tipo	Recuento
IS0401	AparatoSanitario_Inodoro_PorcelanaCap6L_Privado	87
IS0402	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.60x0.40	1
IS0403	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.73x0.455m	15
IS0404	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.80x0.40m	2
IS0405	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_1.0x0.4m	55
IS0406	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolinoxidable_DoblePozo_1.0x0.535m	15
IS0407	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolinoxidable_1Pozo_0.455x0.455m AF	8
IS0408	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolinoxidable_DoblePozo_1.0x0.535m AF	1
IS0409	AparatoSanitario_Lavaplatos_Acerolinoxidable_1Pozo_0.455x0.455m	9
IS0410	AparatoSanitario_Urinario_Porcelana_Privado	2
IS0411	Tanque de Agua	1
IS0416	Caja de Medidores 0.6X0.8 M	6
IS0417	Cámara de inspección 1.2x0.8m	2
IS0418	AparatoSanitario_Ducha_Acerolinoxidable_Privado	50
IS0419	AparatoSanitario_Bañera_PVC_1.75x0.83m	1
IS0419	AparatoSanitario_Bañera_PVC_1.75x0.85m	14
IS0420	Tanque elevado de HA	1
IS0424	AparatoSanitario_Lavamanos-Amoblado_Porcelana-Madera_Privado_0.455x0.60m	13
IS0425	Caja de Medidores 0.6X0.6 M	3
IS0426	Caja de Medidores 0.6X0.4 M	1

Figura 196. Tabla de planificación para revisión de parámetros en aparatos sanitarios – Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra un ejemplo de tabla de planificación usada para la revisión de parámetros requeridos en aparatos sanitarios.

**3.4.3.5. Extracción de cantidades de obra**

La extracción de cantidades se realizó a través de ficheros de extracción de mediciones generados con el plugin Arquímedes - Revit

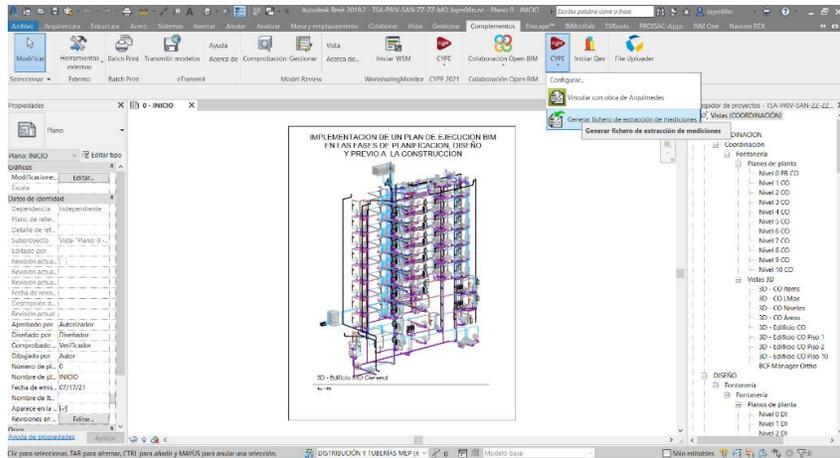


Figura 197. Generación de fichero de extracción de mediciones – Fuente: Elaboración propia

Los ficheros son extraídos por el especialista BIM de presupuestos y almacenados en el entorno de datos compartidos.

Tabla 75 Ubicación de los ficheros de extracción de mediciones - Fuente: Elaboración propia

Modelo BIM	Nombre de la Carpeta	Sub carpeta	Archivo IFC	Ubicación
Arquitectura	TSA-PRESUPUESTO	Documentos/Ficheros NC	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO_layre8fin.mcsv	CDE
Estructura	TSA-PRESUPUESTO	Documentos/Ficheros NC	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO_layre8fin.mcsv	CDE
Sanitario	TSA-PRESUPUESTO	Documentos/Ficheros NC	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO_layre8fin.mcsv	CDE
Gas	TSA-PRESUPUESTO	Documentos/Ficheros NC	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO_layre8fin.mcsv	CDE

Dentro del programa Arquímedes se importan los ficheros para realizar la extracción de cantidades a través del siguiente entorno.

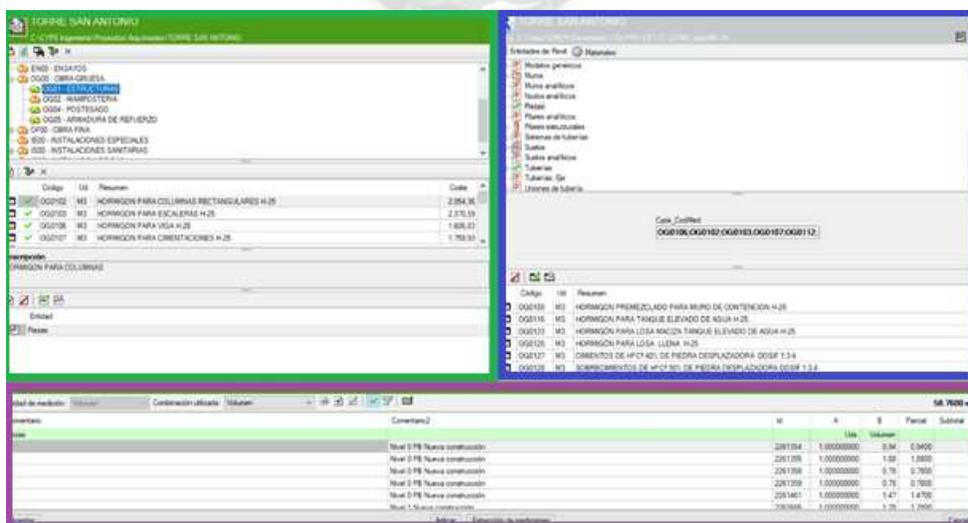


Figura 198. Asignación de partidas y extracción de mediciones en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestran 3 espacios remarcados; en el cuadro verde se encuentran todos los precios unitarios añadidos al proyecto; en el cuadro azul se muestran todas entidades que se encuentran en el modelo; y en el cuadro violeta se ve la lista de elementos correspondiente a la selección actual.

El proceso consiste en vincular las entidades de los modelos en Revit con los precios unitarios.

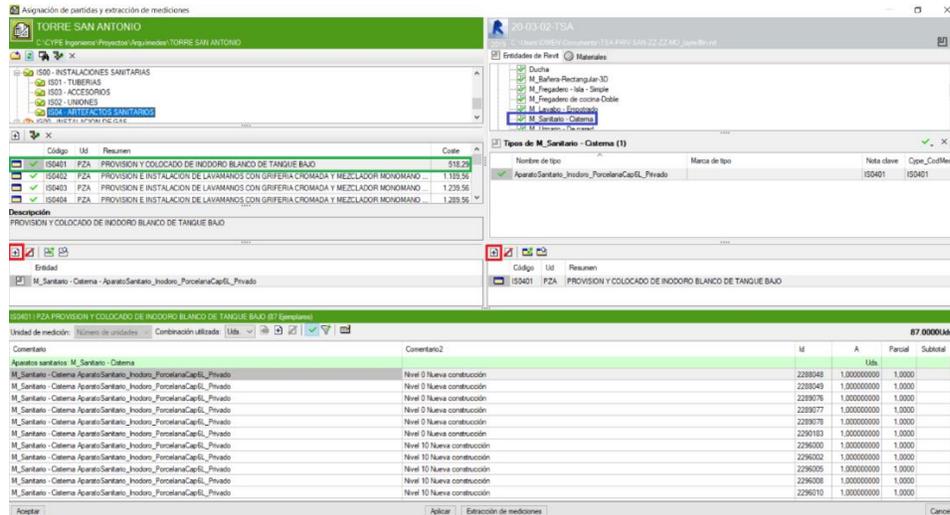


Figura 199. Ejemplo de extracción de cantidades en Arquímedes – Fuente: Elaboración propia

En la figura que se muestra, por una parte, se tiene seleccionado el ítem “PROVISION Y COLOCADO DE INODORO BLANCO DE TANQUE BAJO”, y en el apartado de entidades de Revit, se tiene seleccionada la entidad de “AparatoSanitario\_Inodoro\_PorcelanaCap6L\_Privado”. Para la asignación basta con clicar en uno de los cuadros rojos mostrados. En el ejemplo mostrado, el cómputo es de 87 unidades de inodoros.

La vinculación de los ítems solo se realiza una vez. Si existiera algún cambio en el modelo, se vuelve a exportar el fichero de extracción de mediciones, este sobrescribe el anterior y se vuelve a importar el fichero al presupuesto en Arquímedes para actualizar el cómputo.

La adición de cantidades en los ítems correspondientes a trabajos preliminares (Instalación de faenas, replanteos y movimientos de tierras) se realiza de manera manual.

### 3.4.3.6. Elaboración del presupuesto

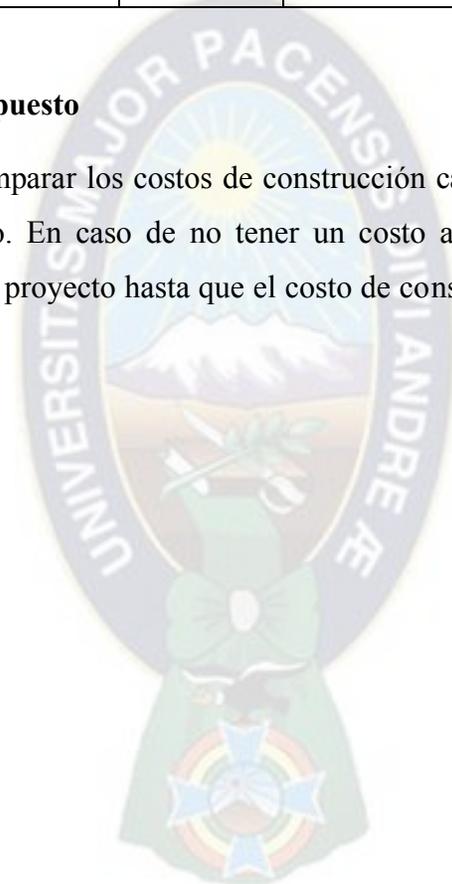
Para que el presente proyecto sea aplicable a las licitaciones públicas, en la elaboración del presupuesto, se generó los siguientes entregables según los formatos SABS descritos en los documentos base de contratación.

Tabla 76 Entregables de Estimación de Cantidades y Costos – Fuente: Elaboración propia

<b>FORMULARIOS SABS</b>				
<b>ENTREGABLES</b>	<b>FORMATO</b>	<b>UBICACIÓN DEL ARCHIVO EN EL CDE</b>		
		<b>CARPETA</b>	<b>SUBCARPETA</b>	<b>ARCHIVO</b>
<i>Formulario B1</i>	<i>xlms</i>	<i>TSA-PRESUPUESTO</i>	<i>DOCUMENTOS</i>	<i>Formulario B1</i>
<i>Formulario B2</i>	<i>xlms</i>	<i>TSA-PRESUPUESTO</i>	<i>DOCUMENTOS</i>	<i>Formulario B2</i>
<i>Formulario B3</i>	<i>xlms</i>	<i>TSA-PRESUPUESTO</i>	<i>DOCUMENTOS</i>	<i>Formulario B3</i>
<i>Formulario B4</i>	<i>xlms</i>	<i>TSA-PRESUPUESTO</i>	<i>DOCUMENTOS</i>	<i>Formulario B4</i>

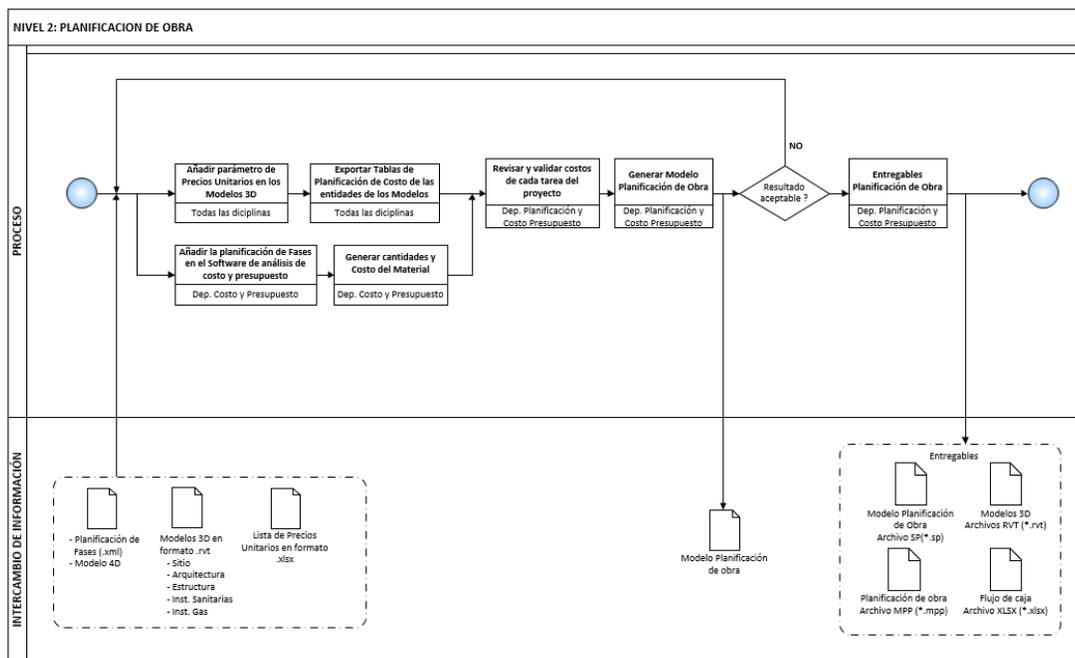
### **3.4.3.7. Revisión del presupuesto**

Este proceso consiste en comparar los costos de construcción calculados con los estimados en los costos objetivo del proyecto. En caso de no tener un costo aceptable, se vuelven a definir las características del diseño del proyecto hasta que el costo de construcción calculado esté alineado al costo objetivo del proyecto.



### 3.4.4. PLANIFICACION DE OBRA

#### 3.4.4.1. Flujo de trabajo planificación de obra



Los modelos y archivos que se requieren para añadir la información necesaria en las entidades y tareas son:

Tabla 77: Modelos BIM Fuente: Elaboración propia

MODELO BIM	UBICACION	NOMBRE DE LA CARPETA	NOMBRE DEL ARCHIVO (.rvt)
SITIO	CDE	TSA-SIT-SITIO TOPOGRAFIA	TSA-PRIV-SIT-ZZ-ZZ-MO
ARQUITECTURA	CDE	TSA-ARQ-ARQUITECTURA	TSA-PRIV-ARQ-ZZ-ZZ-MO
ESTRUCTURA	CDE	TSA-EST-ESTRUCTURAS	TSA-PRIV-EST-ZZ-ZZ-MO
INST. SANITARIAS	CDE	TSA-SAN-SANITARIO	TSA-PRIV-SAN-ZZ-ZZ-MO
INST. DE GAS	CDE	TSA-GAS-GAS	TSA-PRIV-GAS-ZZ-ZZ-MO

Tabla 78: Modelo 4D Fuente: Elaboración propia

MODELO 4D	UBICACION	NOMBRE DE LA CARPETA	NOMBRE DEL ARCHIVO (.mpp)
INTEGRADO	CDE	TSA-PLANIFICACION	TSA-PL-PLANIFICACION

Tabla 79: Archivos de planificación y precios unitarios Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTOS	UBICACION	NOMBRE DE LA CARPETA	NOMBRE DEL ARCHIVO
PLANIFICACION	CDE	TSA-PLANIFICACION	TSA-PL-PLANIFICACION
PRECIOS UNITARIOS	CDE	TSA-PRESUPUESTO	PT

### 3.4.4.2. Añadir parámetros de precios unitarios en los modelos 3d

Para la correcta gestión de información de costos fijos de las tareas del proyecto se añaden parámetros de precios unitarios en las entidades de cada modelo, según la información generada por el departamento de costo y presupuesto (Formulario B2). Los modelos BIM deben estar con los NDI correspondientes al EAIM indicado (Plan de Ejecución BIM). Para la revisión de los parámetros de precios unitarios en los modelos se encarga el revisor BIM.

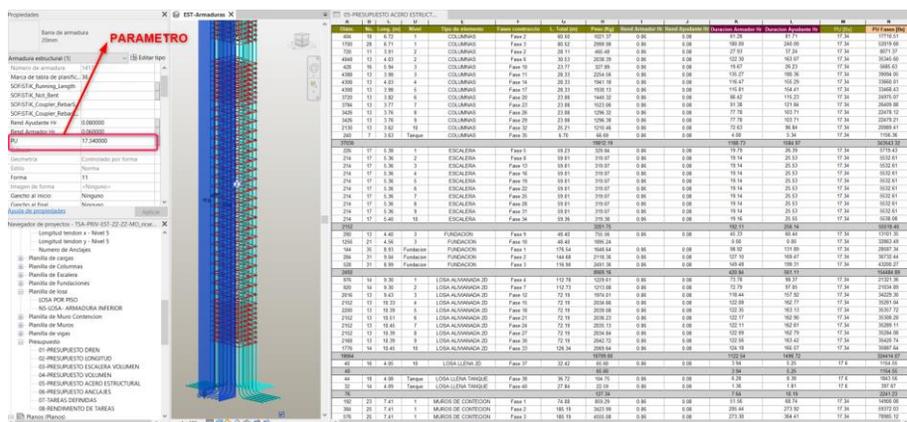


Figura 200. Parámetro PU en el modelo Estructural – Fuente: Elaboración propia

Con los parámetros añadidos en los modelos se realiza una operación simple de multiplicación entre la cantidad (unidad de medida correspondiente a la tarea) y el precio unitario, esto nos da como resultado el costo fijo por tarea.

<09-COSTO FIJO ACERO ESTRUCTURAL>						
A	B	C	D	E	F	G
Nivel	Tipo de elemento	Fases construccion	L. Total (m)	Peso (Kg)	PU [Bs]	PU Fases [Bs]
1	COLUMNAS	Fase 2	60.50	1021.37	17.34	17710.51
1	COLUMNAS	Fase 3	80.52	2999.98	17.34	52019.68
2	COLUMNAS	Fase 2	28.11	465.48	17.34	8071.37
2	COLUMNAS	Fase 6	30.53	2038.39	17.34	35345.60
3	COLUMNAS	Fase 10	23.77	327.89	17.34	5685.63
3	COLUMNAS	Fase 11	28.33	2254.56	17.34	39094.05
4	COLUMNAS	Fase 14	28.33	1941.18	17.34	33660.01
5	COLUMNAS	Fase 17	28.33	1930.13	17.34	33468.43
6	COLUMNAS	Fase 20	23.08	1440.32	17.34	24975.07
7	COLUMNAS	Fase 23	23.08	1523.06	17.34	26409.88
8	COLUMNAS	Fase 26	23.08	1296.32	17.34	22478.12
9	COLUMNAS	Fase 29	23.08	1296.38	17.34	22479.21
10	COLUMNAS	Fase 32	25.21	1210.46	17.34	20989.41
Tanque	COLUMNAS	Fase 35	6.70	66.69	17.34	1156.36
					19812.19	343543.32

Figura 201. Costo fijo del acero estructural para columnas - Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4.3. Exportar tablas de planificación de costo de las entidades de los modelos

Las tablas de planificación generadas por cada modelo para las entidades, cumpliendo con el formato correspondiente se exportan en formato .xlsx, estos archivos se encuentran en el Entorno de Datos Compartidos del proyecto.

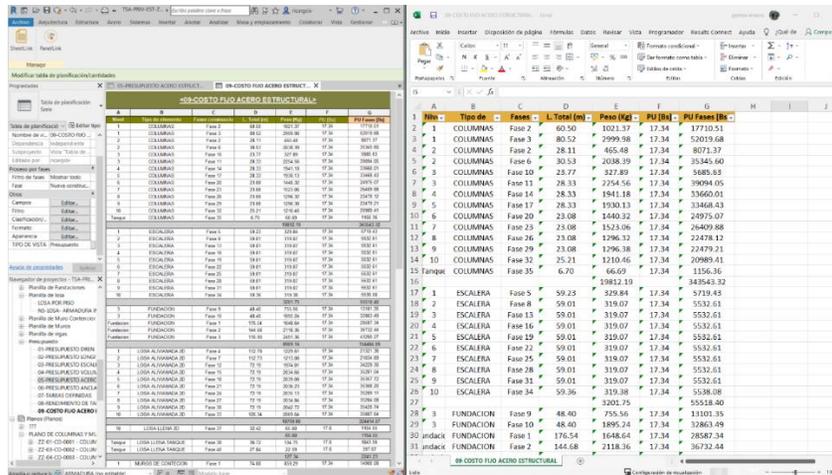


Figura 202. Exportación de archivos en formato .xlsx - Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4.4. Añadir la planificación de fases en el software de análisis de costo y presupuesto

Para este proceso se tuvo la siguiente documentación:

- Planificación de fases en formato xml.
- Estructura del presupuesto general en formato bc3.

En el software Arquímedes se creó una nueva planificación en donde se añadieron los inicios y finales de cada actividad según el formato de la planificación de fases. El resultado obtenido se esquematiza en la siguiente figura.



Figura 203. Planificación por fases en Software de análisis de costo y presupuesto (Arquímedes) - Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que la duración de cada actividad esta dividida según el inicio y final de cada fase en la misma, por ejemplo, para seguir con una columna superior es necesario que la losa de ese nivel esté terminada. Esta forma de planificación ayuda a una mejor gestión de los materiales,

mano de obra y maquinaria a ser utilizados durante la fase de construcción porque el constructor tendrá un reporte de los mismos en la temporalidad que lo requiera.

#### 3.4.4.5. Generar cantidades y costo del material

Teniendo la planificación añadida al software de presupuestos, se generaron los siguientes presentables en formato xlms.

- Cronograma de mano de obra
- Cronograma de maquinaria
- Cronograma de materiales
- Plan de pagos

Estos presentables se encuentran adjuntados en el Anexo VII, tienen su aplicación durante la fase de construcción y la generación de los mismos debe hacerse en conjunto con el encargado de la construcción del proyecto para que estén acordes a los requerimientos del mismo.

#### 3.4.4.6. Revisar y validar costos de cada tarea del proyecto

Se agenda una reunión entre el departamento de Planificación de fases y el departamento de Costo y presupuesto, para revisar y aprobar lo siguiente:

Tabla 80. Revisar costos del proyecto – Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCION	APROBADO		OBSERVACION
	SI	NO	
Costo Material	X		
Costo Mano de obra	X		
Costos Fijos	X		
Costo total del proyecto	X		

#### 3.4.4.7. Generar modelo planificación de obra

La información validada de los costos fijos de cada tarea se los añade en el modelo 4D, esta variable (Costo) más las dos variables (3D + tiempo) controlaran de manera general la construcción del proyecto, además con las cantidades y costo de material para los hitos de entrega de material según la planificación de fases se tiene un control detallado correspondiente.

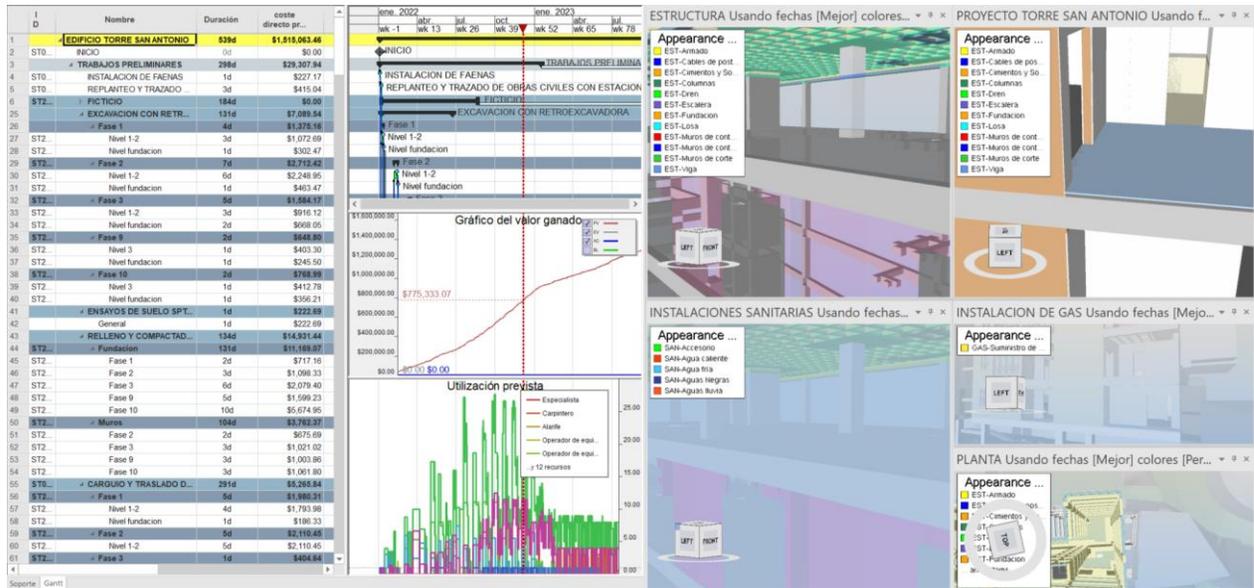


Figura 204. Modelo Planificación de obra - Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4.8. Entregables planificaciones de obra

Los documentos solicitados según el plan de ejecución BIM son los siguientes:

- Modelos

MODELOS				
ENTREGABLES	FORMATO	UBICACIÓN DEL ARCHIVO CDE		
		CARPETA	SUBCARPETA	ARCHIVO
MODELO PLANIFICACION DE OBRA	SP (*.sp)	TSA-PLANIFICACION	MODELOS	TSA-PRIV-PO-ZZ-ZZ-MO

## CAPÍTULO CUARTO

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

##### 4.1.1. CONCLUSIÓN GENERAL

En el marco de los alcances especificados en este proyecto, se implementó un Plan de Ejecución BIM basado en el proyecto de grado “DESARROLLO DE UN PLAN DE EJECUCIÓN BIM PARA UN EDIFICIO DE 10 NIVELES” elaborado por el ingeniero LUIS FERNANDO RODRIGUEZ COARITE, el cual contempla los lineamientos del Estándar BIM para proyectos Públicos de Chile, el Estándar ISO 19650 y la BIM Project Execution Planning Guide de la Universidad Park de Pennsylvania, cumpliendo los requerimientos de Usos BIM, Roles BIM, Procesos e intercambios de información, Entregables BIM, Niveles de información NDI, Estados de Avance de la Información EAİM, Estrategias de plataformas de colaboración y Organización y Control de calidad de los Modelos. En la implementación de este PEB en las fases de planificación, diseño y previo a la construcción para un edificio de 10 niveles ubicado en la zona de Alto San Antonio, se identificó lo siguiente:

- El desarrollo de las fases de planificación, diseño y previo a la construcción bajo una metodología BIM enmarcada en un Plan de Ejecución BIM requiere de un mayor esfuerzo que la metodología tradicional, esto debido a que los requerimientos no solo se basan en el buen diseño, sino también en las exigencias del PEB relativos al cumplimiento del intercambio de la información entre los diferentes actores para un trabajo colaborativo. Todo esto se ve reflejado en los flujos de trabajo para la generación de los modelos y Usos BIM en el presente proyecto.
- El Plan de ejecución BIM no puede desarrollarse en base a tecnología de una sola línea de software como los es Autodesk, Bentley, Cype Ingenieros entre otros, sino fomentarlo desde el enfoque Open BIM. El presente proyecto es una demostración de que los formatos IFC y BCF son una respuesta ante la incompatibilidad de softwares provenientes de diferentes casas, siempre y cuando se tenga un flujo correcto y los lineamientos estén bien definidos en PEB para generar estos archivos y de esta manera se evite la pérdida de información. De igual manera para la aplicabilidad de la metodología BIM en proyectos

públicos, estos deben ser bajo este enfoque. El Estado no debe solicitar el uso de una marca de software BIM en específico.

- El diseño de cada especialidad no necesariamente debe ser realizado en un software BIM, pero el mismo debe estar modelado en dicha herramienta, ya que este último permitirá la comunicación e interoperabilidad que se requiere para la aplicación de la metodología BIM.
- El Nivel de Información de las entidades y los entregables de los Modelos BIM se encuentran delimitados por los Usos BIM asignados a los objetivos del proyecto especificados en el PEB. Esta delimitación fue necesaria para que no exista sobre moldeado y no se tenga información innecesaria en los Modelos.

#### **4.1.2. CONCLUSIONES ESPECIFICAS**

##### **4.1.2.1. Entorno de Datos Compartidos**

- Se creó un Entorno de Datos Compartidos (CDE) bajo los requerimientos del PEB con las plataformas de Google Drive y BIMCollab, ambas de uso libre. Obteniendo así, una alternativa ante las plataformas de paga.
- El CDE es imprescindible para el desarrollo de la metodología BIM, ya que todos los procesos de intercambio de la información involucraron al mismo. Además, este garantizó que la información no sea compartida de forma disgregada como en la metodología tradicional. También, funcionó como un repositorio único de información y comunicación entre todos los actores del proyecto. Podemos afirmar que el CDE es un principio estratégico fundamental en la metodología BIM.

##### **4.1.2.2. Organización de los modelos**

- El punto base de proyecto con coordenadas definidas permitió la consolidación de los modelos en el mismo espacio virtual, se evitó el desfase de los mismos y se garantizó los Usos BIM Coordinación 3D y Planificación de Fases.
- En el presente proyecto no fue necesario la subdivisión de los modelos, ya que los ordenadores no presentaron problemas al procesarlos. El ordenador utilizado con la menor capacidad de sistema en sus propiedades fue un GeForce GTX 1050, Multi-Core Intel® i7 de 2.8 GHz, 12 GB RAM, siendo este un ordenador de gama media en el mercado.

- El hecho de tener nomenclaturas y codificaciones definidas permitió la gestión de la información de manera eficiente. A la vez, evitó la pérdida de información en el entorno de datos compartidos y eliminó la pérdida de tiempo en los procesos de búsqueda de la misma.

#### **4.1.2.3. Trabajo colaborativo BIM**

- Para el desarrollo de los flujos de trabajo de los modelos y usos BIM se consideraron los intercambios de información entre todas las especialidades. Estos flujos desarrollados pueden ser utilizados en proyectos de similares características.
- Se asignaron los roles de gestor, coordinador, revisor y modelador BIM por parte de los integrantes del presente proyecto. Se asumieron las responsabilidades indicadas en el PEB y en los flujos de trabajo.
- Entre las ventajas dentro del trabajo colaborativo se evidenció que:
  - Los archivos y los documentos generados no son enviados a los demás actores mediante medios que no sean destinados netamente al proyecto como correos electrónicos o aplicaciones de mensajería.
  - Cada actor trabaja conociendo la última versión de las demás especialidades.
- Entre las desventajas dentro del trabajo colaborativo se evidenció que:
  - El éxito del proyecto y la calidad de los entregables están ligadas a que los diferentes actores cumplan los procesos definidos en el PEB.
  - Dentro de un CDE en Google Drive existe la posibilidad de que un archivo pueda ser eliminado de forma accidental por cualquier actor del proyecto, pero este problema es subsanable y el archivo es recuperable.

#### **4.1.2.4. Diseño y modelado del Edificio**

##### **4.1.2.4.1. Sitio**

- Se creó el modelo de sitio del terreno, en base a la restitución fotogramétrica por dron en el software ContextCapture (Bentley) a partir de una nube de puntos en formato LAS para luego pasar al Software ReCap Pro (Autodesk). Sin perder ningún tipo de información por la naturaleza del formato LAS se realizó la limpieza de los puntos que no representen al

terreno natural y se exporto la nube de puntos en formato RCS compatible con el programa CIVIL 3D. Esto para la georreferenciación y generación de la superficie en base a curvas de nivel en formato DWG y así obtener el modelo de sitio del terreno en el software Revit.

- El modelo de sitio se desarrolló según los Estados de Avance de la Información (EAIM) planteados en el PEB en las etapas de Diseño Básico y Diseño de Detalle. Obteniendo información básica; georreferenciación, límites de propiedad y área del terreno e información detallada; volúmenes de corte, relleno y acarreo para el movimiento de tierras por fases de construcción.

#### **4.1.2.4.2. Volumétrico**

- Se genero el modelo volumétrico mediante el levantamiento de las condiciones existentes que se encuentran en el terreno o alrededor de este a partir de masas conceptuales y en un Nivel de Información NDI-1. Se levantaron casas, parques y calles para de esta manera crear el espacio virtual que se requiere para el desarrollo de los demás modelos.
- En el modelo volumétrico se generó el diseño conceptual del edificio, de igual manera, mediante masas conceptuales y en un Nivel de Información NDI-1. Se realizó el estudio de la orientación de fachadas, determinando cuales podrían recibir mayor radiación solar ya sea durante la mañana o por la tarde. El Diseño Conceptual permito conocer un costo referencial estimado del edificio de \$us 1 590 000 para 10 niveles de 318 m<sup>2</sup> cada uno.

#### **4.1.2.4.3. Arquitectónico**

- Se creó el modelo arquitectónico del edificio en base a diseños ya establecidos los cuales fueron adaptados y ajustados a la forma del terreno y a la topografía del lugar. Se ha añadido o modificado ambientes bajo criterios técnicos; dimensiones mínimas o máximas según bibliografía referida al tema, tales como el libro “Arquitectura habitacional – Plazola” y “Arte de proyectar en arquitectura-Neufert”.
- El modelado arquitectónico se desarrolló según los Estado de Avance de la Información de los Modelos: Diseño Básico, Diseño de Detalle y Coordinación de Construcción en esta última fase las entidades del modelo han sido coordinadas con las demás disciplinas y planificadas las acciones para su ejecución.

- Se evidencio que el modelo arquitectónico es aquel que posee más entidades en comparación con los otros modelos y es junto con el modelo estructural, prioridad en la coordinación con las demás especialidades.

#### **4.1.2.4.4. Estructural**

- Se ha establecido y pre-dimensionado el sistema estructural, respetando el diseño arquitectónico, según recomendaciones de las siguientes normas:
  - Norma boliviana de hormigón estructural NB 1225001
  - Acciones sobre las estructuras NB 1225002-1
  - ACI 318-14
  - Post-Tensioning Institute (PTI)
- El desarrollo del análisis y diseño estructural de la losa postzada para una luz máxima entre apoyos de 8.68m con un espesor de losa de 25cm, se realizó en la herramienta Adapt Builder, verificando en esta las tensiones en condiciones de servicio en las etapas de transferencia, cargas sostenidas y totales, además, verificando el diseño por resistencia según la norma ACI 318-14 y las recomendaciones de Post-Tensioning Institute (PTI).
- Se realizó el modelo de análisis y diseño estructural de las siguientes entidades; columnas, muros de corte, muros de contención, escalera, vigas de borde y fundaciones, teniendo un modelo analítico en Revit que permite la interoperabilidad entre el software de análisis estructural, Robot Structural.
- El modelado de las entidades estructurales cumple con los requerimientos establecidos en el Plan de Ejecución BIM; Niveles de información, estados de avance de información, nomenclatura de archivos, nomenclatura de carpetas, código de documentos y clasificación por entidades, esto se realizó en el software Revit. Además, para la optimización de procesos repetitivos se generaron scripts en Dynamo que permitieron optimizar tiempos de modelado.

#### **4.1.2.4.5. Instalación Sanitaria**

- Se realizó el modelado y diseño de los sistemas de agua fría, agua caliente, sanitario, ventilación y pluvial del edificio dentro del software Revit cumpliendo el reglamento nacional de instalaciones sanitarias y domiciliarias (RENISDA). Además, el modelo fue

desarrollado según los estados de avance de la Información: Diseño Básico, Diseño de Detalle y Coordinación de Construcción.

- El diseño semi automatizado del sistema hidrosanitario creado utilizando el modelo en Revit, Dynamo y Excel permite al diseñador ver las pérdidas de carga, unidades de gasto, unidades de descarga y velocidades de flujo en tiempo real, lo que permite una toma rápida de decisiones al realizar el diseño mencionado.

#### **4.1.2.4.6. Instalación de Gas**

- Se realizó el diseño y modelado del sistema de gas desde el montante del edificio hasta la instalación interna unifamiliar para los calefones y cocinas de todos los departamentos. El diseño y trazado de las tuberías se realizó bajo la normativa boliviana Anexo V- Instalaciones de Categorías Domestica y Comercial de Gas Natural, a partir del esquema de instalación multifamiliar para regulación MPB/BP, con una pérdida de carga de 1 mbar para la instalación interna unifamiliar y 3.8 mbar para el conducto montante con un regulador en BP de 19 a 23 mbar conectada por una acometida de 4 bar a la Red Secundaria.
- El modelo de gas es el que menos problemas presento en su modificación para la coordinación de especialidades. En lo posible este modelo debe respetar la disposición Arquitectónica, Estructural y Sanitaria, evitando así retrabajos a la hora del análisis de coordinación.

#### **4.1.2.5. Modelo de Coordinación**

- Se creó el modelo de coordinación a partir de la federación de los modelos de Arquitectura, Estructura, Sanitario, Gas y de Sitio en el software Navisworks (Autodesk).
- Se realizó los 10 test de interferencias que indicaba la matriz de colisiones por disciplinas, detectando un total de 2719 colisiones. Las mismas fueron procesadas mediante otra matriz de colisiones por entidades, mucho más grande y específica que la anterior. En esta última matriz se han catalogado todas las colisiones bajo las prioridades: alta, media, baja y no requerida, Se han descartado 266 test y se han realizado 112 test de los cuales 22 fueron catalogadas como prioridad alta, 66 como prioridad media y 24 como prioridad baja. Los test de prioridad alta detectaron un total de 246 colisiones, el 9.04% del total de las mismas, las cuales fueron resueltas en primera instancia. Mediante es análisis se redujo la carga de

trabajo de los modeladores en la resolución de las colisiones, centrando su trabajo en aquellas catalogadas como prioridad alta.

- Se realizó la detección de incompatibilidades de manera visual a través de recorridos virtuales, ya que no existe un software que pueda detectarlos de manera automática como en el caso de las colisiones. Se detectaron tuberías fuera de los muros, acabados que no corresponden al ambiente en que se encuentran y dimensiones que no cumplen con normativas o criterios establecidos en estándares.
- La comunicación de interferencias e incompatibilidades entre los responsables, se realizó mediante archivos HTML, NWD y BCF siendo este último un enfoque de la metodología OpenBIM.

#### 4.1.2.6. Planificación de Fases

- Se añadieron los parámetros de; Nivel, Fase de construcción, Vaciado (H/V), nombre de tipo y nombre de ítems a los modelos BIM utilizados en la planificación de fases según el orden del proceso de construcción, estos requisitos de información en los modelos fueron revisados por el planificador y el revisor BIM. Además, el control de calidad de los modelos en formato IFC fueron revisados en una herramienta de visor IFC (BIMvision) de esta manera se verificó la información correcta que debe contener cada modelo y entidad.
- El modelo 4D (Uso BIM - planificación de fases) se desarrolló en un entorno virtual federando los modelos 3D en formato IFC y el cronograma del proyecto en formato MPP, esta información cumple con los criterios de construcción por fases, sectores y niveles, bajo una Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). Se asignaron las duraciones y recursos a cada tarea del proyecto sin perder información correspondiente a esta. Además, se generó dos alternativas de planificación que varían en el orden de comienzo y fin de las especialidades de Arquitectura, instalaciones sanitarias y de Gas:

Alternativa	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración en Días
Primera	03/01-2022	19/04/2024	659
Segunda	03/01-2022	18/11/2023	539

#### **4.1.2.7. Estimación de cantidades y costos**

- Se generaron los procesos necesarios para la extracción de cómputos automáticos de arquitectura, estructura, instalaciones sanitarias y de gas a través del plugin Arquímedes – Revit, estos cómputos fueron vinculados a los respectivos precios unitarios y se verificó que los mismos pueden ser actualizados automáticamente de existir algún cambio necesario en el proyecto.
- Se generó una base de datos a partir de los precios unitarios publicados por las revistas de CADECO y la de presupuesto y construcción. Posteriormente, se generaron los formularios B1, B2, B3 y B4 que son solicitados en las licitaciones públicas de nuestro país validando así la aplicación de este Uso BIM no solo para el sector privado, sino también para proyectos públicos.

#### **4.1.2.8. Planificación de obra**

- El modelo de planificación de obra se generó con la información de los modelos BIM, modelo 4D y la lista de precios unitarios, estos últimos fueron añadido como parámetro a las entidades de los modelos 3D para obtener el costo fijo. Además, se exportó la planificación generada al software de costos para poder generar los requerimientos de materiales, mano de obra y maquinaria acorde a la planificación.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- No se recomienda la aplicación de funcionalidades nativas de diseño del software Revit para el cálculo de sistemas de agua potable, esto debido a que el software mencionado calcula los caudales en base al International Plumbing Code (IPC 2012) que presenta mayores caudales para una misma cantidad de unidades de gasto especificada en la norma boliviana (RENISDA).
- La no aplicación de estándares, metodologías de trabajo colaborativo y criterios constructivos a la hora de crear un modelo BIM, hace que este no pueda ser gestionable para la implementación de BIM en el proyecto y tenga un valor solo visual del mismo. Esto quiere decir que un modelo BIM mal concebido no puede ser utilizado para la aplicación de los Usos BIM que se requiera.
- Para proyectos públicos y privados, los objetivos del proyecto expresados en los Usos BIM deben estar claros desde el inicio debido a que estos marcaran la estructuración, cantidad de información que deben tener los modelos BIM y la manera en que estos deben ser concebidos. Es común ver errores como modelos desfasados, el sobre modelado de las entidades, el sobre cómputo debido a elementos que se solapan o debido al mal modelado de las entidades, el no implementar un Entorno de Datos Compartidos, el no tener sesiones de coordinación entre los especialistas durante la concepción de los modelos y el no tener una estructuración para los mismos. Estos errores pueden ser solucionados a través de un Plan de Ejecución BIM por lo cual se recomienda la implementación del mismo.
- La obtención automatizada de requerimientos de materiales, mano de obra y maquinaria según lo planificado en el modelo 4D, hace más fácil la aplicación de metodologías bajo la filosofía LEAN durante la construcción como lo es la metodología Last Planner System.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

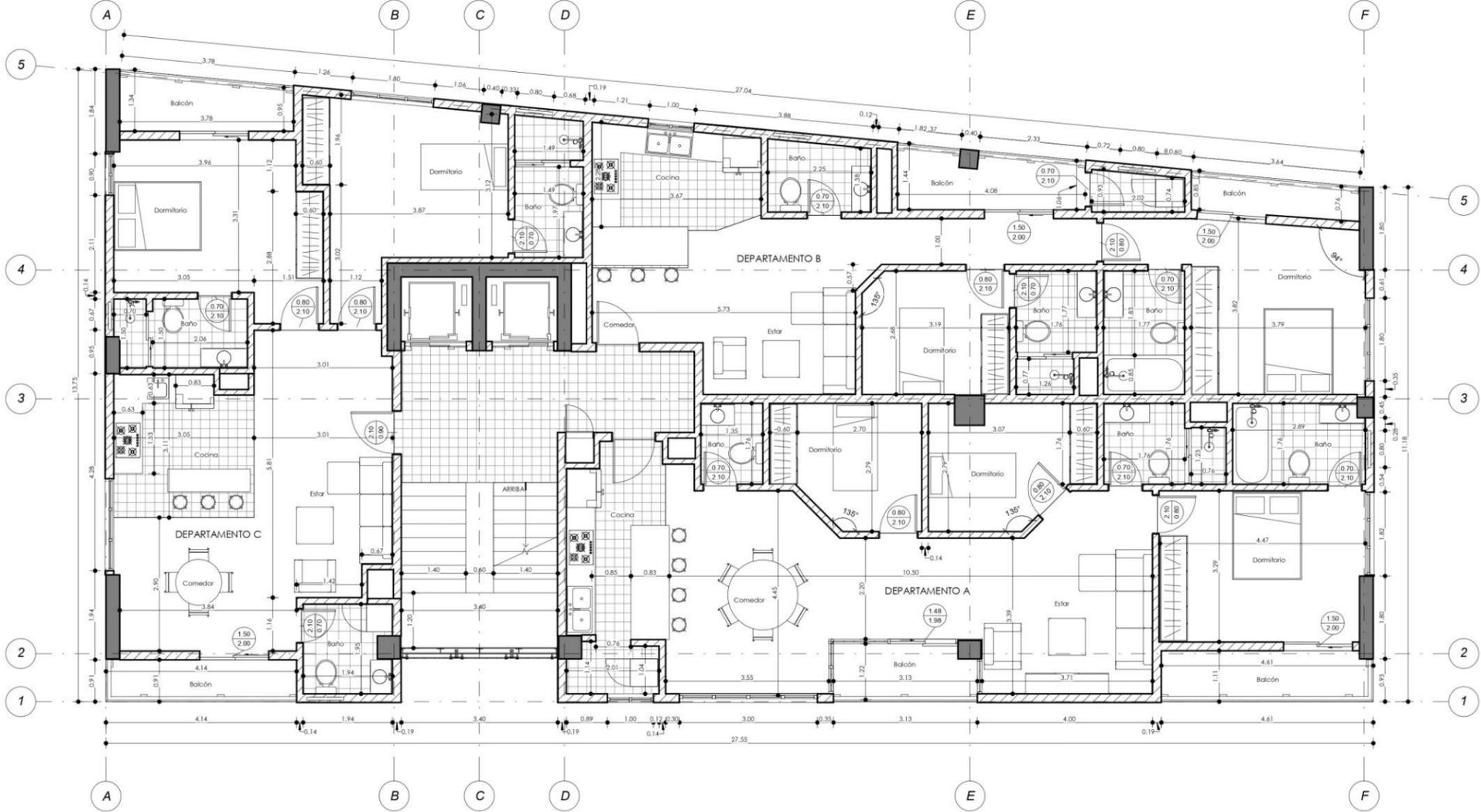
- Luis Rodríguez, (2021) Desarrollo de un plan de ejecución BIM par aun edificio de 10 niveles (Proyecto de pregrado) UMSA, La Paz.
- ISO 19650-1 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 1: Concepts and principles. Suiza: ISO, 2018.
- ISO 19650-2 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) -- Information management using building information modelling -- Part 2: Delivery phase of the assets. Suiza: ISO, 2018.
- Comité de transformación digital, (2019) *Estándar BIM para proyectos públicos*, Santiago de Chile.
- Grupo de Coordinación de la Comisión Construïm el Futur del ITeC, (2015 – 2017), *Libro blanco sobre la definición estratégica de implementación del BIM en la Generalitat de Catalunya*, España, Barcelona.
- Beale and Company, (2013) *Standard Protocol for use in projects using Building Information Modeling*, Gran Bretaña.
- Autodesk. (2015). Autodesk. Obtenido de <https://www.autodesk.com/solutions/bim>
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción. Mexico D.F.: Alfaomega.
- McKinsey&Company. (2017). *Reinventing construction: A route to higher productivity*. McKinsey Global Institute.
  - Apogea. (9 de marzo de 2017). APOGEA Virtual Building Solutions. Obtenido de <http://www.apogeavirtualbuilding.com/la-importancia-de-un-bep-bim-execution-plan/>
  - Autodesk. (2015). Autodesk. Obtenido de <http://arquimedes.cype.es/>
  - Autodesk. (2017). Autodesk. Obtenido de <https://imasgal.com/autocad-civil-3d-soluciones-bim-proyectos-ingenieria-civil/>

- Autodesk. (2019). Autodesk. Obtenido de <https://software.uniandes.edu.co/autodesk-recap/>
- Autodesk. (2021). Autodesk. Obtenido de <https://www.autodesk.es/products/revit/overview?term=1-YEAR>
- Autodesk. (2021). Autodesk. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/robot-structural-analysis/overview?term=1-YEAR>
- Autodesk. (2021). Autodesk. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview?term=1-YEAR>
- Bentley. (2015). Bentley. Obtenido de <https://www.bentley.com/es/products/product-line/reality-modeling-software/contextcapture>
- BIM Collab. (2021). BIM Collab. Retrieved from <https://www.bimcollab.com/en>
- BIM Dictionary. (2021, Abril 11). BIM Dictionary. Retrieved from BIM Dictionary: <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/1/>
- BIM, E. (2020, Noviembre 12). Espacio BIM. Retrieved from <https://www.espaciobim.com/microsoft-project>
- BIMCommunity. (19 de Octubre de 2018). BIMCommunity. Obtenido de BIMCommunity: <https://www.bimcommunity.com>
- buildingSMART. (2021). buildingSMART International.
- Certan, A., Mora, A., & Mafé, A. (2018). Ciclo de vida de la practica integrada: diseño, construccion, operaciones y mantenimiento. Madrid: BIMfreelance.
- cype. (2015). Arquímedes. Mediciones, presupuestos, certificaciones y pliegos de condiciones. . Obtenido de <http://arquimedes.cype.es/>
- Espacio BIM. (12 de Noviembre de 2020). Espacio BIM. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/microsoft-project>
- espaciobim. (2019). espaciobim. Obtenido de <https://www.espaciobim.com/interoperabilidad>
- ISO. (2018). ISO19650-1.

- Kreider, R., & Messner., J. (2013). The uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses, Versión 0.9. Pennsylvania.
- McKinsey&Company. (2017). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey Global Institute.
- National BIM Standard. (2015). National BIM Standard United States Version 3. buildingSMART alliance.
- Penn State. (2011). Project execution planning guide. Pennsylvania: The computer integrated construction research group.
- PlanBIM. (2017). Seminario BIM Estrategia Pública al 2020. Seminario BIM Estrategia Pública 2020, Lineamientos, Beneficios y Avances, (pág. 10). Santiago de Chile.
- PlanBIM. (2019). ESTÁNDAR BIM PARA PROYECTOS PÚBLICOS. Santiago.
- PlanBIM. (2019). PlanBIM. Retrieved from [planbim.cl/bim/](http://planbim.cl/bim/)
- Risa. (2021). Risa. Obtenido de <https://risa.com/products/adapt-builder>
- Serpell, A. (2002). Administración de operaciones de construcción. Mexico D.F.: Alfaomega.
- Steiner, G. A. (1998). Planeación estratégica. Mexico: CECSA.

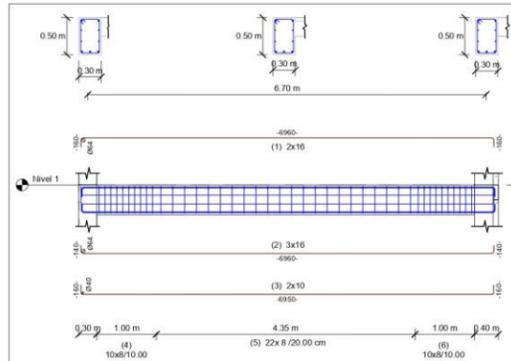
## **6. ANEXOS**

# PLANO ARQUITECTÓNICO TORRE SAN ANTONIO



PLANTA TIPO - NIVEL 4, 5, 6, 7, 8, 9,

PROYECTO	
TORRE SAN ANTONIO	
PROPIETARIO	
SELLO DE APROBACIÓN GAMPL	
ARQUITECTO RESPONSABLE DEL PROYECTO	
Firma y Sello con N° de Registro Tit.	
DATOS TÉCNICOS	
<b>Relación de Superficies</b>	
Superficie de sótano (m²)	-
Superficie de planta baja (m²)	235.37
Superficie de planta 1 (m²)	257.52
Superficie de planta 2 (m²)	340.14
Superficie de planta 3 (m²)	340.14
Superficie de planta 4-10 (m²)	340.14
<b>Otros Datos</b>	
Número de plantas	10
Altura de la Edificación (m)	32
Superficie de Lote (m²)	376.99
UBICACIÓN	
DATOS TÉCNICOS DE UBICACIÓN	
Código Catastral	20-828-3
Distrito	15
Sub Distrito	-
Zona	San Antonio
Manzana	20-828
N° de Lote	3
Calle	SN
PLANO DE UBICACIÓN	
ESCALA	1 : 50
N° DE LAMINA	
ZZ-PL-DIMENSIONES-004	



**N1-1-VIGA**

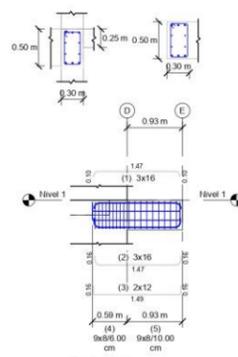
Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	16	2	0.16	6.96	0.16		7.21		14.42	22.38
2	16	3	0.14	6.96	0.14		7.18		21.53	33.42
3	10	2	0.15	6.95	0.14		7.22		14.44	16.09
4	8	10	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		15.16	5.99
5	8	22	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		33.36	13.18
6	8	10	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		15.16	5.99

**TOTAL-1-VIGA**

Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	34	122.59	50.32
10	8	57.68	32.18
16	10	71.91	111.80
	102	256.97	194.10

**N1-1-VIGA**

Nivel 1 y 2 **1 : 50**



**N1-2-VIGA**

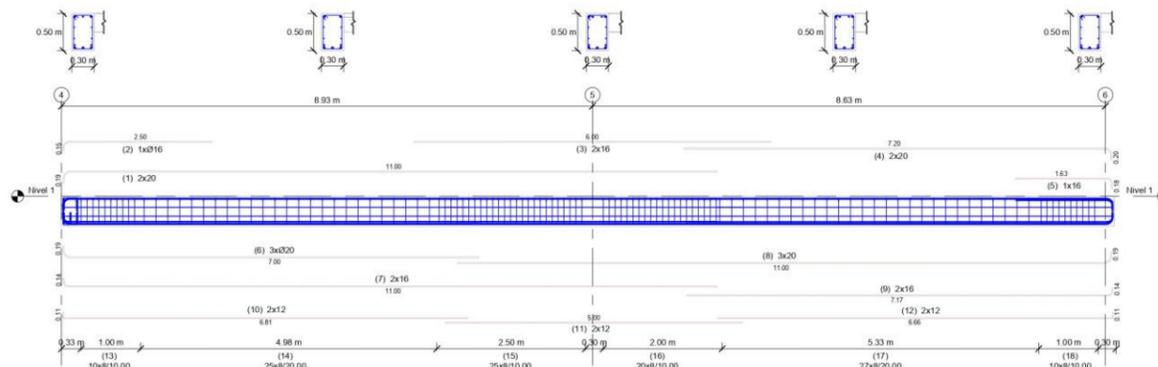
Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	16	3	0.10	1.47	0.10		1.56		4.69	7.27
2	16	3	0.16	1.47	0.16		1.67		5.02	7.80
3	12	2	0.16	1.49	0.16		1.76		3.52	6.24
4	8	9	0.48	0.22	0.44	0.22	1.42		12.75	5.04
5	8	9	0.48	0.23	0.46	0.23	1.46		13.11	5.18

**TOTAL-2-VIGA**

Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	18	25.86	10.32
12	4	14.08	23.62
16	8	28.16	113.80
	30	68.10	147.74

**N1-2-VIGA**

Nivel 1 **1 : 50**

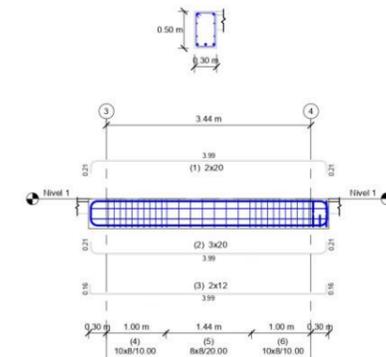


**N1-E-VIGA(4-6)**

Nivel 1-10 **1 : 50**

**N1-E-VIGA(4-6)**

Nivel 1-10 **1 : 50**



**N1-C-VIGA**

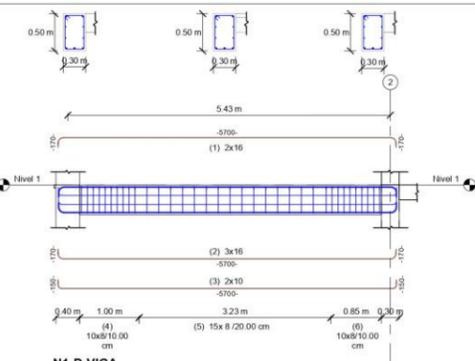
Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	20	2	0.21	3.99	0.21		4.28		8.56	24.81
2	20	3	0.21	3.99	0.21		4.28		12.83	37.21
3	12	2	0.16	3.99	0.16		4.26		8.53	15.15
4	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99
5	8	8	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		12.13	4.79
6	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99

**TOTAL-C-VIGA**

Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	280	424.62	167.72
12	40	170.56	151.46
20	50	213.88	620.25
	370	808.06	939.43

**N1-C-VIGA**

Nivel 1-10 **1 : 50**



**N1-D-VIGA**

Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	16	2	0.17	5.70	0.17		5.93		11.87	18.42
2	16	3	0.17	5.70	0.17		5.93		17.80	27.62
3	10	2	0.15	5.70	0.15		5.92		11.85	13.22
4	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99
5	8	15	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		22.75	8.99
6	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99

**TOTAL-D-VIGA**

Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	70	106.15	41.93
10	8	47.34	26.41
16	10	59.28	92.00
	88	212.77	160.35

**N1-E-VIGA**

Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	20	2	0.20	6.33	0.20		6.59		13.19	38.25
2	20	3	0.21	6.32	0.21		6.61		19.83	57.50
3	12	2	0.16	6.33	0.16		6.60		13.20	23.45
4	8	10	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		15.16	5.99
5	8	19	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		28.81	11.38
6	8	10	0.26	0.46	0.26	0.46	1.52		15.16	5.99

**TOTAL-E-VIGA**

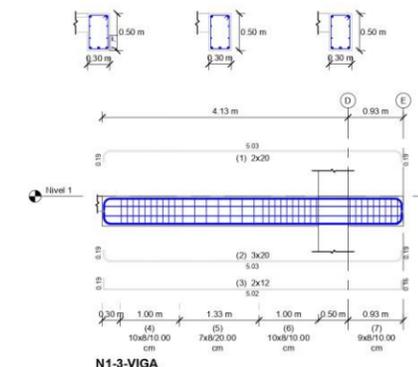
Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	390	591.43	233.62
12	40	264.03	234.46
20	50	329.65	656.58
	480	1185.32	1424.66

**N1-3-VIGA**

Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	20	2	0.19	5.03	0.19		5.28		10.56	30.63
2	20	3	0.19	5.03	0.19		5.28		15.83	45.90
3	12	2	0.16	5.02	0.19		5.33		10.65	18.82
4	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99
5	8	7	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		10.62	4.19
6	8	10	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		15.16	5.99
7	8	9	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		13.65	5.38

**TOTAL-3-4-VIGA**

Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)	Total peso (kg)
8	360	545.94	215.65	431.29
12	40	213.07	189.20	378.41
20	50	263.91	765.33	1530.66
	450	1022.91	1170.18	2340.36



**N1-3-VIGA**

Nivel 1-10 **1 : 50**

Ejes 3 y 4

**N1-5-VIGA**

Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	20	2	0.21	1.26	0.21		1.55		3.10	8.98
2	20	3	0.21	1.26	0.21		1.55		4.64	13.46
3	12	4	0.16	1.26	0.16		1.57		6.14	5.45
4	8	7	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		10.62	4.19

**TOTAL-5-VIGA**

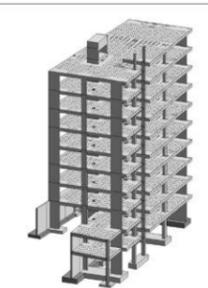
Diam.	No.	L. Total (m)	Peso (Kg)
8	70	106.15	41.93
12	40	61.36	54.49
20	50	77.38	224.40
	160	244.90	320.82

**N1-6-VIGA**

Pos	Diam.	No.	A	B	C	D	Long. (m)	Esquema	L. Total (m)	Peso (Kg)
1	16	3	0.15	1.46	0.15		1.65		4.96	7.69
2	16	3	0.15	1.46	0.15		1.65		4.96	7.69
3	12	4	0.15	1.46	0.15		1.65		6.86	6.09
4	8	7	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		10.62	4.19
5	8	9	0.46	0.26	0.46	0.26	1.52		13.65	5.38

**N1-6-VIGA**

Nivel 1-10 **1 : 50**



**NOTAS**

- HORMIGÓN ARMADO Y POSTENSADO:**
- EL HORMIGÓN TENDRÁ UNA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A LOS 28 DÍAS DE 28 MPa (TIPO H28) Y UN CONTENIDO MÍNIMO DE CEMENTO DE 420 kg/m³.
  - EL ACERO PASIVO SERÁ DEL TIPO CORRUGADO DE ALTA ADHESIÓN CON UNA FATIGA DE FLUENCIA REAL O APARENTE AL 0.2 % DE 420 MPa.
  - EL ACERO DE POSTENSADO SERÁ DEL TIPO GRADO 270, DIÁMETRO 12.7 mm SEGÚN NORMA ASTM A416, DE BAJA RELAJACIÓN, TENSIÓN MÍNIMA DE ROTURA fpu = 1868 MPa.
  - EL CABLE SERÁ DEL TIPO HO ADHERIDO, ENGRASADO EN VAINA DE PLÁSTICO.
  - TENSIÓN DE TESADO: fo = 0.80 fpu = 1488 MPa.
  - TENSIONES A VERIFICAR EN EL CABLE:
    - a) La tensión de tesado no debe exceder de 0.94 fpu, ni ser mayor a 0.80 fpu.
    - b) Inmediatamente después de la transferencia 0.82 fpu, ni ser mayor a 0.74 fpu.
    - c) En las zonas de anclaje y acoples después de la transferencia: 0.70 fpu.
  - NIVEL DE CONTROL ASUMIDO: INTENSIVO.
  - PARA LAS DIMENSIONES Y FORMA DE ARMADURAS, VEASE LAS PLANTILLAS DE ARMADURA CORRESPONDIENTES SEGÚN POSICIÓN INDICADA.
  - RECURSIVAMENTE DE ARMADURAS:
    - ACERO PASIVO = 7.5 cm
    - FUNDACIONES = 5.0 cm
    - MUROS DE CONTENCIÓN = 2.0 cm
    - COLUMNAS = 4.0 cm
    - LOSAS = 2.0 cm
    - ACERO ACTIVO O DE PREESFUERZO = 2.0 cm
    - LOSAS Y VIGAS = 2.0 cm
  - DIMENSIONES EN METROS Y DIÁMETRO DE ARMADURAS EN MILÍMETROS.
  - TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO 3/4".
  - TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO: VEASE ESTUDIO GEOTÉCNICO.
  - VER PLEGEO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.
- GENERALES:**
- ESTOS PLANOS DEBEN SER LEIDOS EN FORMA CONJUNTA CON LOS PLANOS DE ARQUITECTURA Y DE INGENIERÍA DE LAS OTRAS ESPECIALIDADES.
  - DEBEN PREVERSE EN LA ESTRUCTURA LOS PASES NECESARIOS PARA LAS INSTALACIONES SANITARIAS, GAS Y ELÉCTRICAS.
  - LOS NIVELES DE ESTRUCTURA SE HALLAN 7 cm POR DEBAJO DE LOS NIVELES DE ACABADO.
  - VER LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLEGEO.

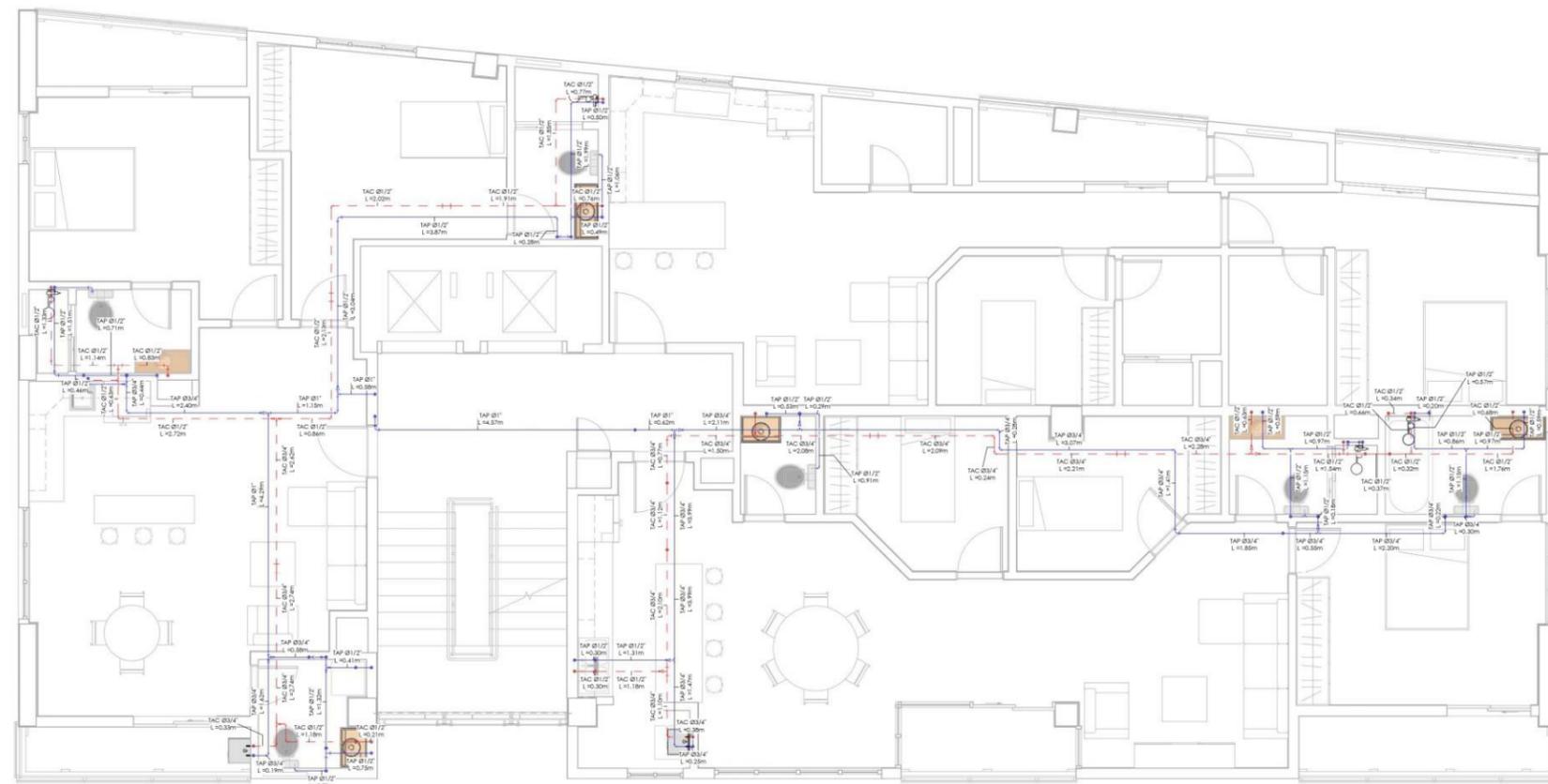
PROPIETARIO: Luis Fernando Rodríguez.  
 DIRECCIÓN: Av. 18 de mayo / Zona San Antonio - La paz.  
 SUP. CONSTRUIDA: 3578.77 m².

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA CIVIL  
 PROYECTO DE GRADO

**EDIFICIO SAN ANTONIO**  
 ESTRUCTURA  
 PLANOS ESTRUCTURALES

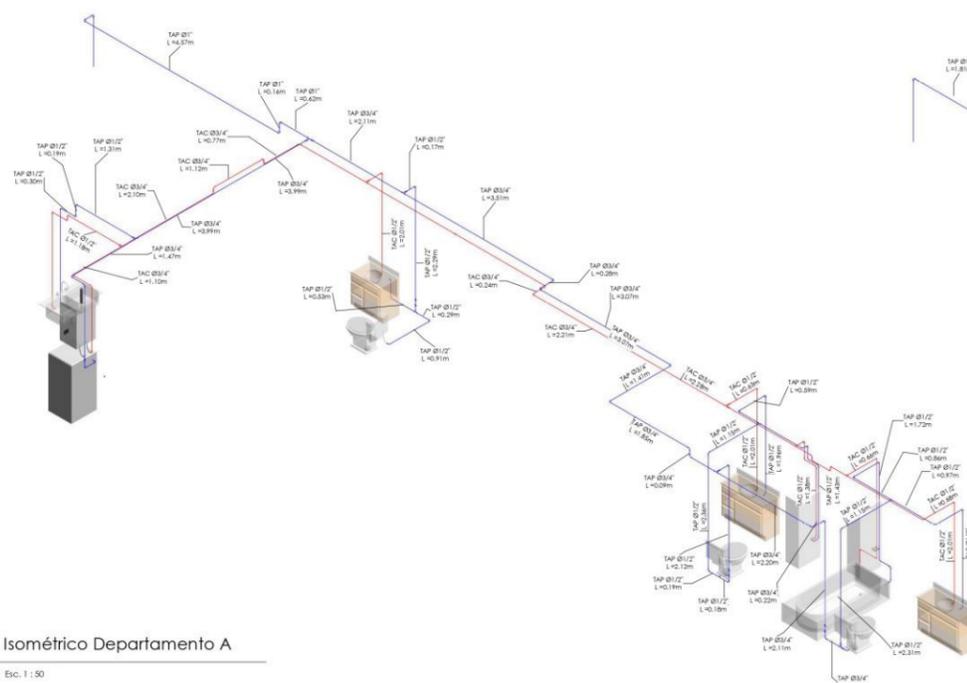
**VIGAS**

PROY.	Ing. Gasbón Ricardo Masco Mamani	04-07-21
DES.	C.A.L.G.	04-07-21
APROB.	Ing. Luis Fernando Rodríguez	04-07-21
Escala	Especialidad: Fecha y Hora	
Indicada	EST	23/11/2021 9:15:32



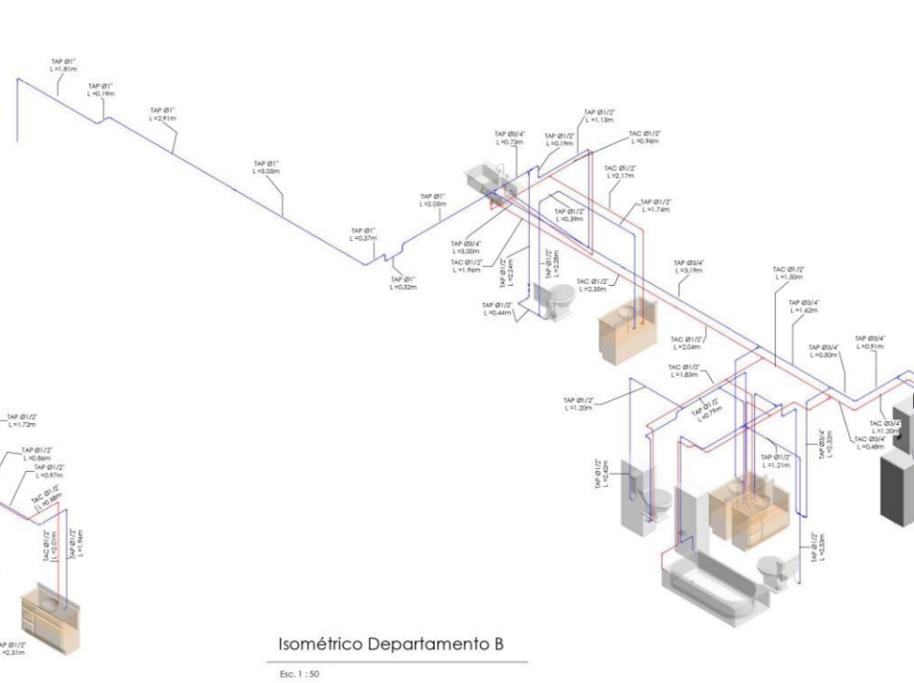
Nivel 9 - Sistema agua fría y caliente

Esc. 1 : 50



Isométrico Departamento A

Esc. 1 : 50



Isométrico Departamento B

Esc. 1 : 50

Cantidad de Uniones de Tuberías Niveles 4 - 9		
Tipo de Unión	Ø [plg]	Recuento

Agua caliente sanitaria

Codo 90° PP	Ø 1/2"	69
Codo 90° PP	Ø 3/4"	17
Copla PP	Ø 1/2"	4
Copla PP	Ø 3/4"	3
Reducción PP	Ø 3/4" - 1/2"	9
Tee PP	Ø 1/2"	11
Tee PP	Ø 3/4"	6

Agua fría sanitaria

Codo 90° PVC E-40	Ø 1 1/2"	5
Codo 90° PVC E-40	Ø 1"	14
Codo 90° PVC E-40	Ø 1/2"	107
Codo 90° PVC E-40	Ø 3/4"	29
Copla PVC E-40	Ø 1"	1
Copla PVC E-40	Ø 3/4"	1
Reducción PVC E-40	Ø 1 1/2" - 1"	3
Reducción PVC E-40	Ø 1" - 1/2"	1
Reducción PVC E-40	Ø 1" - 3/4"	6
Reducción PVC E-40	Ø 3/4" - 1/2"	17
Tee PVC E-40	Ø 1 1/2"	2
Tee PVC E-40	Ø 1"	5
Tee PVC E-40	Ø 1/2"	14
Tee PVC E-40	Ø 3/4"	13

Sanitario

	Ø 2"	57
Codo 45° PVC Desagüe	Ø 2"	16
Codo 45° PVC Desagüe	Ø 3"	18
Codo 45° PVC Desagüe	Ø 4"	17
Codo 90° PVC Desagüe	Ø 1"	3
Codo 90° PVC Desagüe	Ø 2"	37
Codo 90° PVC Desagüe	Ø 3"	4
Codo 90° PVC Desagüe	Ø 4"	9
Ramal Simple PVC Desagüe	Ø 3" - 2"	10
Ramal Simple PVC Desagüe	Ø 4" - 3"	7
Ramal Simple PVC Desagüe	Ø 4"	1
Reductor PVC Desagüe	Ø 2" - 1"	3
Tee PVC Desagüe	Ø 3" - 2"	3
Tee PVC Desagüe	Ø 4" - 3"	1

Ventilación

Codo 45° PVC Desagüe	Ø 2"	30
Ramal Simple PVC Desagüe	Ø 2"	2
Tee PVC Desagüe	Ø 2"	1

Cantidad de Accesorios Niveles 4 - 9		
Familia	Ø [plg]	Recuento

Agua fría sanitaria

Llave de paso	Ø 1/2"	6
Llave de paso	Ø 3/4"	3
Medidor	Ø 1"	3
Unión universal	Ø 1/2"	12
Unión universal	Ø 3/4"	6

Sanitario

Camara de inspección	Ø 3" - 2"	13
Rejilla de piso	Ø 2"	17
Sifón sanitario con codo bajante	Ø 2"	10

Cantidad de Tuberías Niveles 4 - 9

Tipo de tubería	Diámetro [plg]	Longitud [m]
-----------------	----------------	--------------

Agua caliente sanitaria

Polipropileno 3 capas	1/2"	830.63
Polipropileno 3 capas	3/4"	187.80

Agua fría sanitaria

PVC E-40	1/2"	1071.39
PVC E-40	3/4"	486.94
PVC E-40	1"	262.22
PVC E-40	1 1/4"	47.10
PVC E-40	1 1/2"	82.59
PVC E-40	2"	9.07
PVC E-40	2 1/2"	13.79

Pluvial

PVC Desagüe pluvial	4"	160.45
---------------------	----	--------

Sanitario

PVC Desagüe sanitario	1"	0.22
PVC Desagüe sanitario	2"	429.38
PVC Desagüe sanitario	3"	186.47
PVC Desagüe sanitario	4"	355.13
PVC Desagüe sanitario	6"	27.21

Ventilación

PVC Desagüe ventilación	2"	141.22
PVC Desagüe ventilación	4"	177.80

Equivalencias de tuberías

15mm	1/2"
20mm	3/4"
25mm	1"
40mm	1 1/2"
50mm	2"
60mm	2 1/2"
75mm	3"
100mm	4"
150mm	6"

PROPIETARIO: Luis Fernando Rodríguez  
 DIRECCIÓN: Av. 18 de mayo 7 Zona San Antonio - La paz  
 SUP. CONSTRUIDA: 3578.77 m<sup>2</sup>

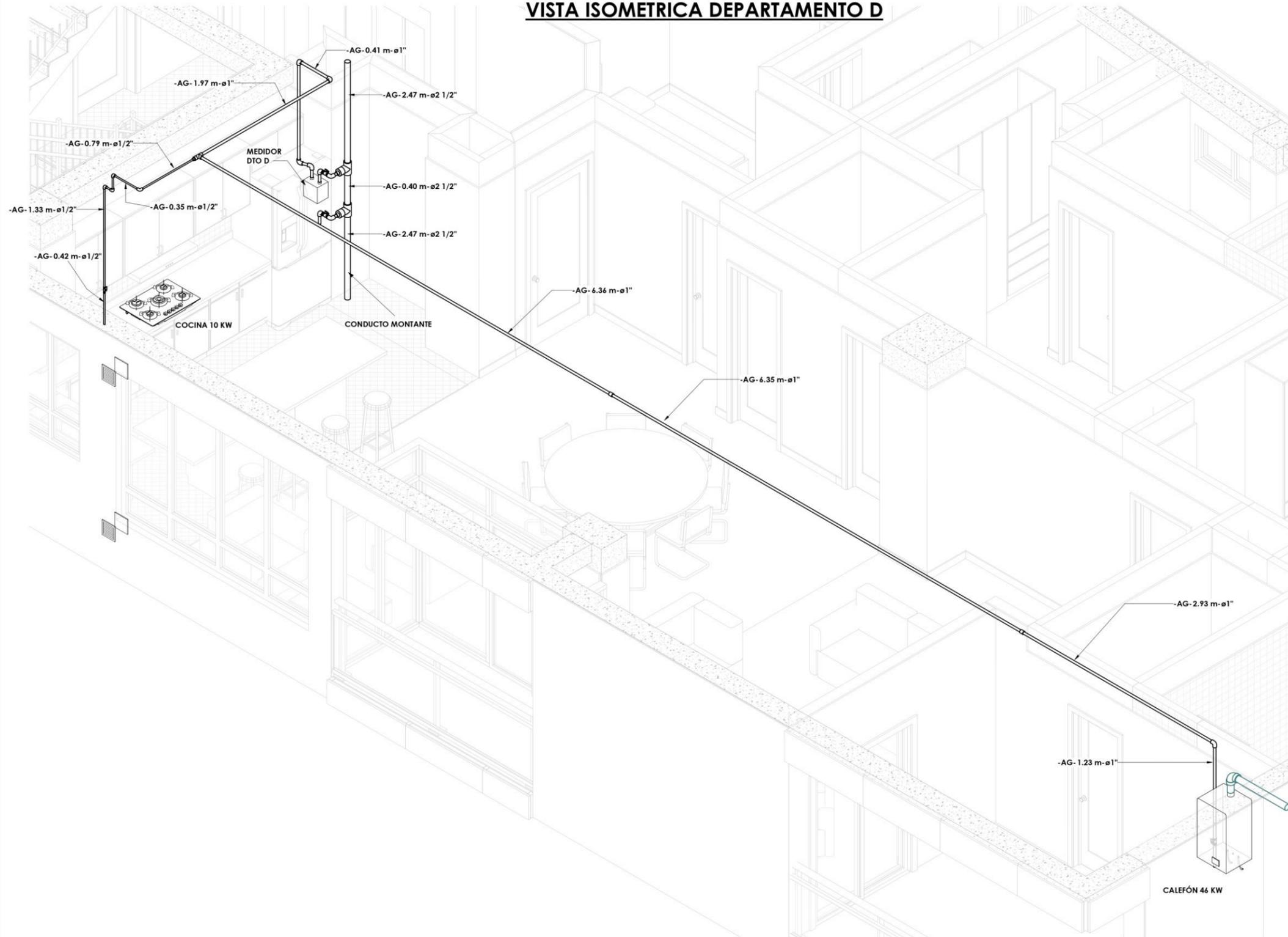
UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 INGENIERÍA CIVIL  
 PROYECTO DE GRADO

EDIFICIO SAN ANTONIO  
 SANITARIO  
 PLANOS HIDROSANITARIOS

Agua Fría y Caliente

PROY.	Univ. Ariel Alberto Choque Alba	04-07-21
DB.	C.A.L.G.	04-07-21
APROB.	Ing. Luis Fernando Rodríguez	04-07-21
Escala:	Indicada	Fecha: 06/12/2021 09:08:40 a. m.
		Hilo Planos: ZZ-09-PL-001

## INSTALACIÓN DE GAS NATURAL VISTA ISOMETRICA DEPARTAMENTO D



1 Isome Dto D Nivel 3

### NOTAS

#### TUBERIAS:

1. La tubería y accesorios de la instalación interna y colectiva, deberá cumplir con el reglamento de diseño construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas. En ningún caso la instalación interna de Gas Natural será realizada con tubería y/o accesorios usados.
2. Las tuberías de acero ASTM A-53 y las de cobre pueden ser curvadas en frío mediante máquinas de curvar.
3. El modo de ensambladura de tuberías de acero se realizará conforme a lo siguiente:
  - $SI \leq 3.7 \text{ mm}$
  - Soldadura Oxiacetilénica a tope o con accesorio (fusión con material de aporte acero). (No aplicable para acero galvanizado).
  - Soldadura fuerte a tope o con accesorio (con material de aporte latón).
  - Accesorio roscado conforme a norma (Rosca BSP-Whitworth).
  - $SI \leq 3.7 \text{ mm}$
  - Soldadura eléctrica (No aplicable para acero galvanizado).
  - Accesorio roscado conforme a norma (Rosca BSP-Whitworth).
4. En el caso en que el material de la tubería para la instalación interna sea de Acero, deberá responder a las siguientes normas: ASTM A-120, ASTM A-53, NAG 250, NAG 251 o norma equivalente.
5. Los accesorios para la tubería de acero, como Tees, codos, acoples (coples) y reducciones deben cumplir especificaciones de la norma ASTM A-234 o norma equivalente.
6. La estanqueidad de las uniones y de los elementos y accesorios que componen el conjunto de regulación y los medidores, se verificará a la presión de servicio una vez haya concluido satisfactoriamente la prueba de hermeticidad de la instalación interna y con anterioridad a la puesta en disposición de servicio por parte de la Empresa Distribuidora. Los posibles fugas se detectarán mediante agua jabonosa, o producto similar, o mediante un detector de gas adecuado si la verificación la realiza la Empresa Distribuidora con el gas de suministro.
7. Comprobar que quedan cerradas, bien ajustadas y precintadas las válvulas de corte de las instalaciones individuales que no sean objeto de puesta en servicio en ese momento.
8. Comprobar que quedan cerradas, bien ajustadas, precintadas y tapadas las válvulas de mando del aparato (VMA) de aquellos aparatos a gas pendientes de instalación o pendientes de poner en marcha.
9. Los quemadores de las cocinas, incluidos los del horno, deberán regularse (reglar) de manera que las llamas sean estables y que en posición de máximo no presenten puntas amarillas y en posición de mínimo no se apaguen, evitando la combustión incompleta del gas.

#### REGULADORES

Los reguladores en instalaciones individuales, colectivas y comerciales deberán cumplir con normas de fabricación nacional o si es internacional contar con certificación de origen homologada por organismo competente.

#### MEDIDORES

Los medidores en instalaciones individuales, colectivas y comerciales deberán cumplir con normas de fabricación nacional o si es internacional contar con certificación de origen homologada por organismo competente.

Los tipos de medidores que se deban utilizar son: de diafragma para categoría doméstica y de diafragma o desplazamiento positivo para categoría comercial.

#### CONDUCTO DEL EDIFICIO:

El conducto de edificio colectivo que atraviesa un parqueo de estacionamiento de vehículos cubierto, podrá estar instalado en una vana ventilada de material con clasificación corta fuego grado 2 hours, tales como:

- Placa de 10 cm de espesor.
- Tabique de 5 cm de Hormigón + revoque de yeso de 1,5 cm en fachada.
- Ladrillo hueco de 15 cm cubierto con mortero de cemento.

#### PRESSION EN VIVIENDA MULTIFAMILIAR:

La presión en la instalación colectiva (instalación Multifamiliar), en edificios multifamiliares de Conducto Montante en Vana de Edificio, Local Técnico, Gabinete Técnico y Crujea está limitada a 23 mbar en BP y a 140 mbar en MPA.

Regulación MPBSP: La pérdida de carga admisible desde el Regulador Colectivo hasta el medidor más alejado, no deberá superar 3,8 mbar.

PROPIETARIO: Luis Fernando Rodríguez			
DIRECCIÓN: Av. 18 de mayo / Zona San Antonio - La paz			
SUP. CONSTRUIDA: 3578.77 m <sup>2</sup>			
<b>UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS</b> FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE GRADO			
<b>EDIFICIO SAN ANTONIO</b> GAS PLANOS DE INSTALACIÓN -GAS NATURAL			
INSTALACION INDIVIDUAL			
PROY:	Univ. Camilo Huampo Christian	04-07-21	
DIB:	C.A.L.G.	04-07-21	
APROB:	Ing. Luis Fernando Rodríguez	04-07-21	
Escala Indicada:	Especialidad: GAS	Nivel: 4	Fecha: 08