
**BIM en la Pre-Construcción de un Edificio de
Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife.
Modelado Arquitectónico e Instalaciones**

Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado
**Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en
la Construcción**

Autor/a: Victor Hugo Buonaffina Padilla

Tutor/a Norena N. Martín Dorta

Co-Tutor/a: Cecilio Febles Quintero

Julio 2019



Dña. **Norena N. Martín Dorta**, con N.I.F. **78674114S**, profesora del área de Expresión Gráfica en la Ingeniería del Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna.

HACE CONSTAR

Que la presente memoria titulada:

“BIM en la Pre-Construcción de un Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife. Modelado Arquitectónico e Instalaciones”

Ha sido realizada bajo su dirección por D. Victor Hugo Buonaffina Padilla con N.I.F. 79198747H.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos, firma la presente en La Laguna a 2 de julio de 2019.



Agradecimientos

Quiero agradecer a todos aquellos que han colaborado en la realización de este máster como a la realización de este Trabajo Fin de Máster.

En primer lugar, mi agradecimiento a todos los profesores del Máster, y en especial a mi tutora Norena Martín y a mi co-tutor Celicio Febles, que han estado constantemente asistiendo y aconsejando con todas las dudas y cuestiones que me han surgido.

A mi familia por el apoyo brindado a lo largo de mis estudios universitarios.

Y mi pareja por su gran paciencia, ánimos y apoyo en los momentos difíciles.

MUCHAS GRACIAS.



Resumen

Este Trabajo Fin de Máster (TFM) se plantea con la intención de estudiar a nivel teórico y experimental el uso de la metodología BIM (Building Information Modeling) actualmente tan poco extendida en este sector en España, pero vigente en otros países, en un proyecto de construcción en su fase de diseño y su posterior aplicación en la fase de ejecución.

Con el uso de la tecnología BIM se demostrará la eficacia que puede aportar en las fases iniciales de un proyecto, donde puede ayudar a que no se produzcan incoherencias e indefiniciones entre las diferentes disciplinas de proyecto.

Se pretende ir más allá de la definición y explicación a nivel teórico y exponer las ventajas e inconvenientes del uso de esta metodología aplicada a un caso real, además de ayudar a mejorar el proceso que conlleva la ejecución de este.

Con el uso de la metodología BIM y la información de un proyecto de construcción de un Edificio de Viviendas en Santa Cruz de Tenerife ya desarrollado con metodología tradicional de **diseño asistido por ordenador (CAD)**, se construirá una maqueta digital de las distintas disciplinas del proyecto. Este trabajo ayudará a adelantarse a los posibles errores que puedan existir en el proyecto original. La empresa colaboradora en este trabajo es la encargada de ejecutar la obra y participa en la solución de las indefiniciones existentes en el proyecto y en la propuesta de las adecuadas para su mejor ejecución en obra.

El proyecto del Edificio de Viviendas se ha modelado con el software Autodesk Revit y posteriormente se ha **exportado a IFC (Industry Foundation Classes)** con el objetivo de comprobar la interoperabilidad del modelo. Se testea además la utilización de distintos tipos de visores que permitan llevar a cabo la fase de ejecución de la obra. De esta manera se pretende que las modificaciones que puedan surgir se gestionen de una forma sencilla y eficaz por parte de la empresa colaboradora mediante la tecnología BIM.

Palabras clave: BIM, Building Information Modeling, software BIM, Revit, proyecto de construcción, edificio de viviendas.



Abstract

This Masters Final Project is presented with the intention of studying on a theoretical and experimental level the use of the BIM (Building Information Modeling) methodology, yet to be widespread in this sector in Spain but in force in many other countries, in a construction project and its design phase and its posterior application in the execution phase.

The BIM technology is able to probe its efficacy in the initial phases of the project, where it's capable of reducing the inconsistencies between the many areas and parts of the project.

The intention is to go beyond the theoretical definition and explanation and to state the advantages and disadvantages that comes with the use of this technology in a real case scenario, in addition to **help improving its** execution process.

A digital model of the project's many disciplines is builded with the use of the BIM methodology and the information of an already developed design with traditional methodology based on **computer aided design (CAD)** of an apartment building's construction project in Santa Cruz of Tenerife.

With the objective of testing the model's interoperability, the apartment building's construction project has been modeled with the Autodesk Revit software and later it has been **exported to IFC (Industry Foundation Classes)**. Additionally, the use of different viewers that allow to implement the construction's execution phase are tested. Thus it is intended that the alterations that may occur could be managed in a simple and effective manner by the company responsible through the BIM technology.

Keywords: BIM, Building Information Modeling, software BIM, Revit, construction project, apartment building.



Acrónimos utilizados

BIM: Building Information Modeling.

CAD: Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador.

CTE: Código Técnico de la Edificación.

EUPPD: Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea.

IFC: Industry Foundation Classes.

IFC: Formato de intercambio de información.

LOD: Level of Development / Nivel de Desarrollo.

MEP: Mechanical, Electrical and Plumbing / Mecánica, Electricidad y fontanería.

NBIMS: National BIM Standard-United States.

PDF: Portable Document Format / Formato de Documento Portátil.

PEM: Presupuesto de Ejecución Material.

TFM: Trabajo Fin de Máster.



Índice

1. INTRODUCCIÓN / PLANTEAMIENTO	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.3. HIPÓTESIS	3
1.4. METODOLOGÍA	3
1.1.1. ORGANIZACIÓN DE UN MODELO BIM	4
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. CONCEPTO	5
2.2. SITUACIÓN ACTUAL	6
2.3. TECNOLOGÍA BIM EN EL CICLO DE VIDA DE UNA CONSTRUCCIÓN	7
FASE INICIAL	9
FASE DE DISEÑO	9
FASE DE EJECUCIÓN	10
FASE DE EXPLOTACIÓN	10
2.4. BIM FRENTE A CAD	11
2.4.1. VENTAJAS	12
2.4.2. LIMITACIONES	13
3. CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO DE VIVIENDAS PLURIFAMILIAR EN SANTA CRUZ DE TENERIFE	14
3.1. ANTECEDENTES	14
3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN	14
3.3. TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA	16
3.4. DOCUMENTACIÓN INICIAL	16
3.5. OBJETIVOS	17
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	18
4.1. FASE 1: REUNIÓN INICIAL Y PAUTAS	18
4.1.1. DISCIPLINAS DEL PROYECTO: INTEGRACIÓN DE MODELOS	18
4.1.2. COMPONENTES PARA MODELAR. CREACIÓN DE FAMILIAS.	19
4.1.3. PLANIFICACIÓN DE SECUENCIAS CONSTRUCTIVAS	19
4.1.4. DOCUMENTACIÓN: PLANOS, DETALLES Y DATOS	20
4.1.5. GESTIÓN DEL MODELO BIM	20



4.1.6.	ESQUEMA DE PAUTAS DE MODELADO	21
4.2.	FASE 2: MODELADO	23
4.2.1.	SUBMODELO ESTRUCTURAL	23
4.2.2.	SUBMODELO ARQUITECTÓNICO	26
4.2.3.	SUBMODELO DE INSTALACIONES	29
4.3.	FASE 3: DETECCIÓN DE ERRORES Y REVISIÓN DEL PROYECTO	31
4.3.1.	SISTEMA ESTRUCTURAL	31
4.3.2.	SISTEMA ARQUITECTÓNICO	34
4.3.3.	SISTEMA DE INSTALACIONES	36
4.4.	FASE 4: INTEROPERABILIDAD Y VISUALIZACIÓN DE LOS MODELOS BIM	44
4.4.1.	AUTODESK VIEWER	44
4.4.2.	BIM VISION	46
4.4.3.	USBIM DE ACCA SOFTWARE	47
4.4.4.	TABLA COMPARATIVA	48
5.	RESULTADOS	50
5.1.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	50
5.2.	INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DEL MODELO ACABADO	50
5.3.	ELECCIÓN DEL VISOR	52
6.	CONCLUSIONES	53
7.	LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO	54
8.	BIBLIOGRAFÍA	55
9.	ANEXOS	57
9.1.	MODELO BIM	57
9.2.	DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO	58



1. Introducción / Planteamiento

Actualmente, vivimos en una época en la que gran parte de los sectores se ven influenciados en mayor o menor medida por los grandes avances tecnológicos que a diario tienen lugar. La industria de la construcción es una de las actividades productivas que más se han visto alteradas con el progreso de estas tecnologías. Con la llegada de los medios informáticos, los métodos de trabajo han cambiado hacia la digitalización, si bien es cierto que se han mantenido las mismas herramientas que décadas atrás, poco a poco se han implementado nuevos sistemas de gestión de la información y tecnologías paramétricas que suponen grandes avances para el desarrollo de esta industria.

A raíz de estos avances y la necesidad de progreso, con el objetivo de centralizar la información del proyecto en un modelo de información digital, surge la metodología BIM (Building Information Modeling).

A pesar de que el BIM es un concepto complejo que carece de una definición única y universalmente válida, se presentan diversas interpretaciones que explican esta idea atendiendo a diferentes puntos de vista. Según el Instituto Tecnológico de la construcción de Cataluña se entiende el BIM como *“un sistema de gestión de las obras de construcción que está basado en el uso de un modelo tridimensional virtual relacionado con bases de datos”*.

El uso de esta metodología va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión de este y reduciendo los costes de operación.

1.1. Antecedentes

Este trabajo ha sido desarrollado conjuntamente junto al Trabajo de Fin de Máster “BIM en la Pre-Construcción de un Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife. Modelado Arquitectónico y Estructural”. El Proyecto Básico y de Ejecución sobre el que se ha desarrollado este Caso de Estudio, ha sido facilitado por la empresa Hierten Promociones S.L.

Uno de los principales problemas que se presentan en el sector de la construcción es la correspondencia del proyecto con la realidad ejecutada. Este problema hace que de alguna forma se dispare el Presupuesto de Ejecución Material, en adelante PEM, o el plazo de finalización se dilate en el tiempo. Es por ello por lo que, herramientas basadas en metodologías de trabajos BIM, sirven para que se pueda “construir” virtualmente un proyecto a lo largo de



todas sus fases y de esta forma encontrar todos los inconvenientes que se producen en la ejecución material del mismo.

Con este Trabajo Fin de Máster se pretende poner de manifiesto de forma más tangible los beneficios de utilizar una metodología BIM para solucionar los problemas que puedan surgir y al mismo tiempo coordinar con los diferentes agentes de la edificación todos los cambios que se vayan a ejecutar. Esto conlleva a una nueva visión en la forma de trabajar del empresario que verifica los beneficios reales en la implementación de estos sistemas.

1.2. Objetivos

La finalidad principal del presente trabajo consiste en demostrar la eficacia del uso de la metodología BIM frente a los métodos tradicionales para la gestión de un proyecto de ejecución de un Edificio de Viviendas en su fase de “pre-construcción”.

Los **objetivos** que se persiguen con el uso de la metodología BIM en este Trabajo de Fin de Máster son:

1. **Crear un modelo paramétrico del proyecto.** De esta forma se puede emitir toda la documentación que sea necesaria, en este caso para el constructor, ya sean planos, cuadros de superficies y mediciones.
2. **Reducir el número de incidencias en la fase de ejecución.** El modelado permite identificar y solucionar los problemas que puedan surgir en la obra desde la fase de diseño y pre-construcción, antes que se lleve a cabo.
3. **Mejorar la definición del proyecto.** De la misma forma que en el apartado anterior, se permite gracias a esto, identificar soluciones desde la fase de diseño de la edificación.
4. **Detectar posibles interferencias entre las distintas disciplinas de proyecto, considerando subsistemas e instalaciones.** Para este trabajo es necesario el modelado de los subsistemas estructural, arquitectónico y de instalaciones, por ello es indispensable detectar las interferencias entre los mismo para modificar el proyecto en caso necesario.
5. **Simular los procesos constructivos y adelantar la planificación.** La creación del modelo con la metodología BIM se realiza de acuerdo con los procesos constructivos que se van a llevar a cabo en la ejecución del proyecto.

Para ello, se establecen una serie de **objetivos secundarios** a cumplir que se desarrollarán a lo largo de este trabajo.

1. Estudio del estado del arte de la metodología BIM.



2. Comparación de la metodología tradicional con la metodología BIM. Analizar las ventajas e inconvenientes de ambos sistemas para aplicar a un proyecto de ejecución.
3. Desarrollo del modelado de un caso práctico mediante herramientas BIM, concebido y proyectado originalmente con la metodología tradicional CAD. Se desarrollarán tres submodelos separados en sus respectivas áreas o disciplinas: modelado del sistema estructural, modelado del sistema arquitectónico, modelado de las instalaciones.
4. Análisis real de la eficacia que supone la “pre-construcción” del modelo BIM de la edificación objeto de este trabajo. Determinar los problemas encontrados y las modificaciones que se realizan para solventarlos.
5. Exportar el modelo en formato IFC a otros programas para su visualización y manejo durante la ejecución de la obra y analizar la interoperabilidad entre las distintas herramientas.
6. Extraer las conclusiones oportunas para la evaluación definitiva de este trabajo y la integración de las metodologías BIM para la gestión de proyectos.

1.3. Hipótesis

Con este trabajo se pretende demostrar que, efectivamente, la metodología BIM puede suponer un gran salto en el mundo de la construcción en España y concretamente en Canarias, solucionando problemas previos que solo se hubieran detectado en el momento de ejecutar la obra, así como mostrar al empresario que es una herramienta fundamental para el desarrollo de la misma.

1.4. Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos previamente, se ha dividido el trabajo en dos bloques: el primero se basa en un punto de vista teórico acerca de la metodología BIM, y el segundo desde un punto de vista práctico aplicado a un caso real.

En el enfoque teórico, se exponen las propiedades fundamentales de la tecnología BIM, describiendo brevemente el contexto en la industria de la construcción y el estado en el que se encuentra actualmente. Puesto que no es una metodología muy desarrollada en este país, los objetivos que se pueden establecer a corto y largo plazo con su uso suponen un avance en la forma de trabajar para este sector. Se destacan las ventajas e inconvenientes que supone el uso de tecnologías BIM a edades tempranas del proceso de un proyecto constructivo, en las fases de diseño frente al uso de la tecnología CAD.



La parte práctica de este proyecto consiste en el modelado de un *proyecto de ejecución real de un Edificio de Viviendas en Santa Cruz de Tenerife* mediante el uso de un software BIM, Autodesk REVIT, y siguiendo los planos originales del proyecto. Paralelamente al modelado de la edificación, se programan visitas a la empresa constructora encargada de ejecutar la obra para gestionar toda la información relativa al proyecto y revisar y detectar fallos e incompatibilidades. Según sus indicaciones y a través de la documentación generada, se comprueba la eficacia de la metodología BIM frente a la CAD a la hora de resolver los posibles errores y modificaciones que puedan originarse.

Asimismo, se traslada el trabajo que se ha desarrollado en el modelo a otros programas para su visualización durante la ejecución de la obra y finalmente se analiza la interoperabilidad entre las distintas herramientas propuestas.

1.1.1. Organización de un modelo BIM

El modelo se organiza teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- Estrategia: planificación de las fases de construcción, en el caso de este modelo, se ejecuta atendiendo a la designación de submodelos basados en áreas de trabajo.
- Análisis: Programar revisiones del modelo para detectar fallos o incompatibilidades entre los submodelos.
- Extracción de datos: Definir los objetivos del proyecto y los datos que se quieren obtener después de la realización del modelo.
- Visualización: Agilizar la visualización de las vistas, perspectivas y detalles que se generen para presentar de forma más rápida y eficaz las soluciones propuestas.



Figura 1: Organización de un modelo BIM. Fuente: Elaboración propia



2. Marco teórico

2.1. Concepto

Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos. Su objetivo es centralizar toda la información útil del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes, permitiendo de esta manera analizar y gestionar de forma efectiva todo el ciclo de vida del proyecto.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales de representación geométrica 2D y 3D, ya que es capaz de incorporar información de tiempos, costes, análisis energético, gestión y control (Gea Martínez, 2016). La metodología de diseño asistido por ordenador o CAD (Computer-Aided Design) en la que se basan los sistemas tradicionales de representación en dos dimensiones, supuso en los años de su implantación a partir de la década de los 60 (Montesano Pérez, 2019) una revolución para el sector de la construcción y todos sus agentes intervinientes. Con esta introducción en el mundo digital, todos los planos se comenzaron a realizar ahorrando tiempo y ganando en eficacia y calidad de los sistemas de representación, si bien la forma de trabajar y entender esta metodología seguía siendo la misma que la representación tradicional de los dibujos en papel.

Aunque las tecnologías CAD y BIM pareciera que a priori abarcan conceptos y procesos muy diferentes, no se puede entender el origen y la necesidad de implementar los nuevos sistemas de modelado paramétricos sin conocer cómo se han desarrollado las tecnologías hasta el punto en el que se encuentran en la actualidad y las necesidades que han llevado a su creación.

Con el transcurso del tiempo, los avances en el sector industrial y las innovaciones tecnológicas suponen el replanteo de esta forma de trabajo y la búsqueda de una nueva forma de entender y pensar la representación gráfica de los modelos constructivos.

La tecnología BIM no tiene un origen único, sino que supone el resultado de la unión de diferentes corrientes de trabajo. El profesor y arquitecto Charles M. Eastman del Georgia Institute of Technology es uno de los pioneros en la investigación de modelos 3D paramétricos y el introductor en 1970 de los conceptos Building Description System y Building Product Modelling. Si bien es cierto que fue Jerry Laiserin quien popularizó el término Building Information Modelling en sus publicaciones de 2002 en el ámbito de la arquitectura y la construcción para la representación digital en los procesos de construcción (Brugarolas, 2016). A raíz de esto, se empezaron a realizar proyectos piloto que utilizaban BIM en todas las fases de proyecto y cuyas principales líneas de investigación se centraron en la mejora de la planificación previa y el diseño,



detección de conflictos, la visualización, la cuantificación, determinación de costos y gestión de datos (Volk et al., 2014: 110).

La sociedad internacional que regula el BIM, la National BIM Standard-United States lo define como:

“Una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción. Como tal, funciona como un recurso compartido de conocimientos donde obtener información sobre la misma, constituyendo una base fiable para la toma de decisiones durante todo su ciclo de vida, partiendo desde la concepción proyectual”.

Cabe destacar que el BIM no es un único software, es una metodología de trabajo compartida por varios programas que permiten la integración de la información en modelos de gestión paramétricos con la capacidad de compartir datos y posibilitar el intercambio de datos entre ellos. El formato estándar de intercambio de información entre modelos es el IFC (Industry Foundation Classes) creado por la Sociedad Internacional de Interoperabilidad.

2.2. Situación actual

En el sector de la construcción, la implementación del BIM no se ha producido de una manera tan inmediata como en otros sectores, como por ejemplo el sector de la industria automotriz o la ingeniería mecánica, esto se debe principalmente a que los proyectos de construcción son muy complejos, abarcan muchas etapas y tienen duraciones más largas.

A nivel internacional, algunos de los países en los que se ha logrado una mejor implementación de la tecnología BIM en la industria de la construcción son Estados Unidos, Reino Unido, Emiratos Árabes, Australia o Canadá. Es fundamental el apoyo de los gobiernos al proponer iniciativas para que dicha implementación se empiece a legalizar, en Estados Unidos, la General Services Administration (GSA) o Administración de Servicios Generales, exige la definición de los proyectos de construcción en formato BIM desde 2007 (GSA, 2019).

En otros países como Reino Unido, la administración pública ha promovido el uso de BIM en las obras públicas y es un requisito desde 2016: *“A partir de 2016 todas las empresas que trabajen para obras estatales deberán cumplir con esta normativa que tendrá como objetivo principal reducir entre un 20% y 30% los costos de las obras públicas”* (Calcagno, 2018). En el resto de Europa se sigue el mismo camino, ya que la Directiva sobre contratación pública de la Unión Europea (EUPPD) anunció la incorporación de la metodología BIM para proyectos financiados con fondos públicos de la UE en los 28 países miembros, tomando como referencia la propuesta de Reino Unido para fomentar que otros



miembros de la UE adopten esta metodología a partir de 2016 (La Vanguardia, 2019).

España, por el contrario, se encuentra entre los países más rezagados en el proceso de implementación de tecnologías BIM, se realiza de forma privada y con poca frecuencia. Con el objetivo de introducir esta metodología de manera progresiva, la administración ha creado esBIM, una iniciativa para el estudio de la posible implantación de la metodología BIM. Tal y como se declara: *“Esta comisión nace para impulsar la implantación de BIM en el sector de la construcción española, fomentar su uso en todo el ciclo de vida de las infraestructuras, sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras, establecer un calendario para adaptación de la normativa para su empleo generalizado, desarrollar los estándares nacionales que posibiliten su uso homogéneo y realizar el mapa académico de formación de esta metodología en España.”* (Ministerio Fomento, 2015).

Los objetivos pretendidos eran que en 2018 el uso de BIM sería obligatorio para todas las empresas del ministerio de fomento en edificación a partir de diciembre, los equipamientos e infraestructuras públicas de presupuesto superior a 2 millones de euros deberían producirse en BIM en las Fases de diseño y Construcción a mediados de 2019. De cara al futuro, para el año 2020, todos los equipamientos y las infraestructuras públicas deberán producirse en BIM en todas las fases: diseño, construcción y mantenimiento. Además, se deberá circunscribir este objetivo a todos los proyectos de obra nueva y rehabilitación (Montesano Pérez, 2019).

2.3. Tecnología BIM en el Ciclo de Vida de una Construcción

De cara a la implementación de la metodología BIM en los procesos constructivos, primero se deberá identificar la estructura de estos y definir las diferentes etapas que los comprenden.

El ciclo de vida de un proyecto de construcción está constituido por las distintas etapas por la que atraviesa desde su concepción hasta el fin de su vida útil. Debido a que la construcción es una actividad llevada a cabo durante largos periodos de tiempo, esta se organiza mediante procesos constructivos.

“Se define Proceso Constructivo al conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Si bien el proceso constructivo es singular para cada una de las

obras que se pueda concebir, si existen algunos pasos comunes que siempre se deben realizar” (Construmatica, 2019).

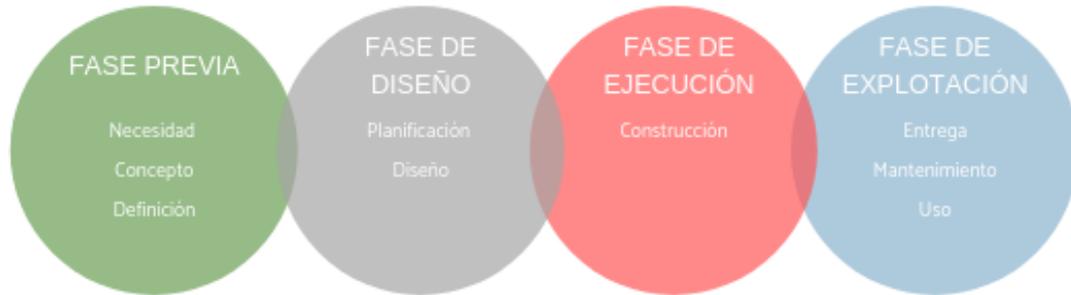


Figura 2: Fases del Proyecto. Fuente: Elaboración propia

Un proceso constructivo surge para resolver una necesidad originada por diversos factores, posteriormente se genera un concepto que pueda dar lugar a la solución de esta necesidad. Dentro de las etapas del proyecto, junto a la concepción y desarrollo de las ideas iniciales, se comienza una investigación y se definen necesidades, condiciones, requisitos, lugar de emplazamiento, función, etc.

Seguidamente con la planificación, el diseño y el desarrollo del proyecto surgen las primeras aproximaciones del diseño definitivo. Mediante el progreso de estos primeros pasos en la definición formal del proyecto se desarrolla el diseño detallado y se pasa a la documentación para implementar en el proyecto.

La fase de construcción se puede considerar una de las fases más importantes para el correcto desarrollo de la obra. Dentro de esta etapa toda la construcción está desarrollada y definida. A pesar de que la mayoría de los documentos que se han desarrollado en la fase de planeamiento y diseño para la ejecución son definitivos, existen detalles que se definirán en el proceso de obra.

La etapa final, una vez terminada la fase constructiva, da paso a los detalles de acabados y se establece el mantenimiento de la edificación.



Figura 3: Tecnología BIM en el ciclo de vida de una construcción. Fuente: Instituto Tecnológico de Cataluña

La utilización de la metodología BIM permite aportar beneficios específicos en cada una de las fases que comprende el proyecto y, por lo tanto, mejora la eficiencia para los agentes que intervienen en cada una de ellas.

Fase Inicial

En esta fase los beneficios repercuten, fundamentalmente sobre el promotor. En las fases previas en las que se define el concepto y se realiza un estudio de viabilidad, es indispensable realizar varios diseños previos, de forma que se pueda visualizar de manera general la idea principal, y en caso necesario poder modificarlos y adaptarlos de forma conceptual.

Mediante las tecnologías BIM se pueden identificar los comportamientos energéticos del modelo en cuanto a sostenibilidad del edificio. Esto permite la mejora de la calidad del edificio y el ahorro de tiempo y esfuerzo futuros antes de entrar en fases de mayor definición. Además, el desarrollo del proyecto en entornos colaborativos permite al promotor crear una red de información en la que se reduzca el riesgo de interpretaciones o conclusiones erróneas.

Fase de Diseño

Con la realización de un modelo BIM durante la fase de diseño del proyecto, se consigue la visualización temprana y con exactitud de datos. Mediante la integración de sistemas paramétricos las modificaciones se llevan a cabo de



manera inmediata y sin riesgo de errores, debido a que se encuentran relacionados todos los elementos que conforman el modelo.

La metodología BIM permite una colaboración multidisciplinar entre los distintos agentes intervinientes. Atendiendo a las distintas disciplinas que forman el proyecto, se permite el trabajo simultáneo entre ellas, facilitando la gestión y control de los cambios producidos. Los arquitectos se ven beneficiados en gran medida en esta fase, en cuanto a que son tradicionalmente los encargados de realizar estas correcciones en el diseño. Con la implantación de estos sistemas, se consigue acortar el tiempo de definición de la documentación, se reducen las incoherencias y omisiones, se detectan errores en fases más tempranas y es posible mejorar el proyecto de forma continua. Por tanto, esta colaboración resulta muy efectiva en términos productivos.

Desde esta fase se puede comprobar la viabilidad de un proyecto a través del cálculo de un presupuesto aproximado a partir de mediciones acordes a las superficies y la posibilidad de cuantificar los materiales principales.

Fase de Ejecución

En la fase de ejecución los beneficios repercuten sobre el constructor y las empresas colaboradoras.

Cualquier modificación en el diseño en la fase de construcción tiene un alto grado de impacto sobre el mismo. Gracias a la parametrización establecida en el modelo, los cambios son inmediatos y se actualizan automáticamente en todas las vistas. Ante los cambios en el diseño y los errores que se puedan originar, el sistema detecta las posibles interferencias ocasionadas entre los elementos para facilitar las subsanaciones que se estimen oportunas.

La metodología BIM permite sincronizar el diseño y la planificación del modelo. Se puede añadir la variable tiempo, que permite visualizar el proceso constructivo diario detectando los posibles problemas que puedan surgir en cuanto a la organización de obra o simultaneidad de actividades.

Fase de Explotación

Tras la finalización del proceso constructivo, el edificio entra en su fase de explotación. Las ventajas que se obtienen con el BIM en esta etapa se basan en la mejora de la entrega, puesta en servicio, gestión y explotación del edificio. La presencia de información actualizada del inmueble permite reducir la cantidad de tiempo empleado para la gestión de reformas y rehabilitaciones del edificio durante su vida útil.

En 2004, Patrick MacLeamy, describió su visión para una estrategia de diseño que permite a los profesionales de la construcción aportar más valor a los

proyectos al dedicar más tiempo al diseño. En ella dibujó una serie de curvas, basadas en una observación propia: cambiar un proyecto arquitectónico se vuelve más difícil cuanto más desarrollado está.

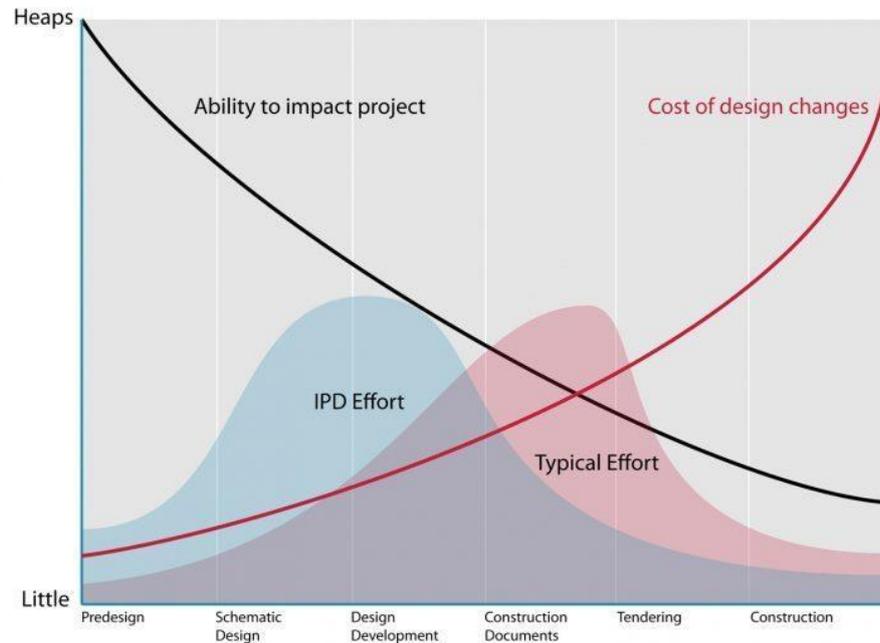


Figura 4: Curva MacLeamy. Fuente: <https://www.danieldavis.com/macleamy/>

Teniendo en cuenta que el coste debido a los cambios de construcción es mayor a medida que avanza el proyecto, en la fase de construcción aumenta de manera exponencial al tomarse la mayoría de las decisiones en esta etapa. A medida que se desarrolla el proyecto en su fase de diseño disminuye el impacto que tienen las decisiones sobre el coste. Es decir, en la fase de diseño las modificaciones suponen un menor impacto en cuanto a que se pueden controlar y prever estos cambios.

Mediante la tecnología BIM se pasa de tener un pico de sobrecoste en la fase de construcción y se traslada a la fase de prediseño y diseño. Se pueden disminuir los costes de proyecto si las decisiones de diseño se toman en fases más tempranas donde es más fácil controlarlos y el impacto en el desarrollo del proyecto es menor.

2.4. BIM frente a CAD

La elección del BIM frente a los sistemas tradicionales de representación gráfica en CAD dependerá de cada usuario y de los usos que le vaya a dar al proceso en el que esté trabajando. No se puede imponer un sistema con respecto a otro, pero sí observar las mejoras que se obtienen entendiendo que BIM es una evolución de los sistemas CAD.



En la tabla 1, se muestran las principales diferencias entre las metodologías de trabajo llevadas a cabo con herramientas CAD y BIM.

CONCEPTO	CAD	BIM
<i>Dibujo</i>	Entidades geométricas: <ul style="list-style-type: none">· Líneas· Círculos· Polígonos· Sólidos· Superficies· Otros	Elementos constructivos con propiedades: <ul style="list-style-type: none">· Muros· Puertas / Ventanas· Pilares· Cubiertas· Terrenos· Otros
<i>Relación de plantas - secciones - alzados - modelo 3D</i>	Son entidades independientes a las que hay que aplicar cambios por separado: <ul style="list-style-type: none">· En el mismo archivo· En distintos archivos	Existe un único modelo del que se extraen representaciones. Cualquier cambio en el modelo supone un cambio en las representaciones.
<i>Datos asociados</i>	Bloques con atributos. Son poco utilizados y tienen limitaciones.	<ul style="list-style-type: none">· Propiedades de los elementos. Precios unitarios o materiales.· Propiedades calculadas. Superficies y volúmenes.· Propiedades de los planos.
<i>Informes</i>	Calcular datos y exportarlos a softwares.	Se generan automáticamente y se vinculan al modelo.
<i>Trabajo en grupo</i>	No hay herramientas específicas que lo permitan.	Métodos cambian según la aplicación. <ul style="list-style-type: none">· Posibilidad de trabajar en capas/ zonas/ submodelos.· Permisos/usuarios.

Tabla 1: Principales diferencias entre BIM y CAD

Fuente: Brugarolas, 2016.

En vista de las diferencias entre las metodologías CAD y BIM, se plantea una valoración sobre las ventajas y limitaciones que presenta la implantación del BIM.

2.4.1. Ventajas

La metodología BIM presenta ventajas en todas las fases del proceso constructivo y para todos los agentes intervinientes, pudiéndose agrupar en tres conceptos bien definidos. Estas ventajas suponen un aumento de la productividad, lo que se traduce en la reducción del coste de producción, construcción y explotación de edificios, así como el tiempo empleado. (Piles, 2016)

- **Colaboración:** Facilita el intercambio de información entre los distintos agentes, proporcionando un incremento en la capacidad de



comunicación y, por tanto, de coordinación en los diferentes ámbitos de trabajo. Esto permite reducir el riesgo de errores debidos a la falta de comunicación y contradicciones entre las partes.

- **Coherencia de la información:** Toda la documentación del proyecto se encuentra contenida en un único modelo, evitando errores derivados de tener varias versiones o la información dispersa en archivos separados. Cualquier cambio se actualizará en todas las vistas y cálculos al estar vinculados entre sí, haciendo que se reduzcan considerablemente los tiempos de modificación del proyecto.
- **Visualización:** Además de facilitar el entendimiento del edificio y posibilitar la toma de decisiones, anticipa la detección de problemas constructivos e incoherencias de diseño antes de su construcción. Se pueden aportar soluciones antes de la ejecución, reduciendo los costes en obra. Mejora también la comprensión del proyecto para los agentes implicados y para el cliente.

2.4.2. Limitaciones

Si bien es cierto que la metodología BIM supone múltiples ventajas frente a los sistemas más tradicionales, también cuenta con limitaciones debido a que, al fin y al cabo, se trata de una tecnología relativamente reciente y aún debe desarrollarse más (Piles, 2016). Estas, afectan en mayor medida a las empresas pequeñas, que suponen la mayoría de las empresas del sector, por lo que la migración de CAD a BIM se está realizando de forma lenta. Sin embargo, se espera un crecimiento exponencial, así como ocurrió con la aparición de la metodología CAD.

- **Cambio de modelo de trabajo.** Cambiar a la metodología BIM supone cambiar el modelo de trabajo. Esto requiere invertir tiempo en implementar una nueva filosofía, lo que supone, en la gran mayoría de los casos, el principal obstáculo.
- **Necesidad de formación.** Aprender a utilizar las tecnologías BIM supone un largo proceso que requiere de formación por parte de profesionales cualificados. Esto implica invertir tiempo y dinero para el aprendizaje de estas nuevas herramientas, así como en equipos especializados que pueda soportar estos sistemas.
- **Sistema limitado.** Si bien la metodología BIM cuenta con muchas herramientas innovadoras frente a los métodos tradicionales, aún necesita mejorar en muchos aspectos. La interoperabilidad, que es una característica principal del BIM, suele presentar errores de incompatibilidades entre programas que suponen continuos cambios por diferentes versiones del modelo. Aún quedan aspectos por mejorar, tanto en la visualización y rendimiento, como en que, para asegurar un funcionamiento correcto, se requieren equipos muy potentes que suponen una inversión elevada.



3. Caso de Estudio: Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife

3.1. Antecedentes

Debido al volumen y la complejidad del encargo a desarrollar se opta por crear un equipo de trabajo de dos integrantes, de esta manera, no solo se repartirán las tareas de una forma y volumen abarcable para cada uno, sino que, además, se pondrá a prueba la coordinación y el trabajo en grupo que promueve las metodologías y procesos BIM. Precisamente la coordinación para la realización de un modelado completo de un proyecto es lo que se espera que se desarrolle en un departamento multidisciplinar de una empresa en el que trabajan todos los agentes implicados en el proyecto.

3.2. Descripción general de la edificación

El Caso de Estudio que desarrolla este Trabajo de Fin de Máster, en adelante TFM, trata de un Edificio de Viviendas Plurifamiliar situado en el casco histórico del municipio de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias - España), en la calle Santo Domingo, números 28 y 30.



Figura 5: Plano de emplazamiento del proyecto. Fuente: Visor de Grafcan más elaboración propia.

El solar en el que se ubica el edificio consta de dos parcelas cuyas referencias catastrales son la siguientes: 7893418CS7479S0001EM y 7893417CS7479S0001JM, con una superficie del terreno de 99m² y 82m² respectivamente. Linda: al norte con vivienda unifamiliar catalogada como Bien de Interés Cultural; al este, edificio de viviendas plurifamiliar ya edificado; al

oeste, edificio de viviendas plurifamiliar ya edificado; y al sur, calle de su situación.



Figura 6: Plano catastral del proyecto. Fuente: Visor de Grafcan más elaboración propia.

El edificio se compone de un total de 7 viviendas distribuidas en cuatro plantas, además de una planta semisótano de distribución e instalaciones y una planta sótano destinada a garaje a la que accede mediante una rampa para el acceso de vehículos o a través de la planta baja por la entrada general de la edificación. La superficie útil asciende a 680,50m² y la construida a 868,63m² en la edificación.

Las plantas primera, segunda y tercera cuentan con un apartamento a la izquierda y derecha en cada planta. La planta cuarta posee un solo apartamento que ocupa casi toda su superficie y, además, el acceso a la cubierta del edificio situado en la planta quinta o de azotea.

La vivienda con la que linda al norte es conocida como Casa Miranda, construida en el año 1890 y declarada Bien de Interés Cultural (BIC), pasando a formar parte del catálogo de protección del patrimonio histórico de las Islas Canarias. La cimentación de esta vivienda se integra en el solar donde se llevarán a cabo las obras, y debido a su condición se deberá tener especial cuidado en no modificar ni alterar su estructura. Esto ha implicado el rediseño de la estructura y que el modelado se realice siguiendo las directrices de la empresa colaboradora y no lo establecido en proyecto.



3.3. Tipología constructiva

El edificio tiene una estructura de hormigón armado in situ con pilares de hormigón armado y forjados unidireccionales de viguetas semirresistentes y bovedillas de hormigón vibrado. La cimentación se caracteriza por una cimentación superficial de zapatas aisladas bajo pilares.

La fachada principal es de muro de ladrillo hueco de hormigón vibrado de 12 cm de espesor, que será trasdosado interiormente mediante un sistema de tabiquería seca. Las particiones interiores y el falso techo se realizarán con tabiquería seca de cartón yeso. La cubierta será plana y transitable, excepto la cubierta de la caja de escalera y ascensor a la que no se podrá acceder.

Las viviendas del edificio cuentan con las instalaciones habituales en una edificación de estas características:

- La **instalación de fontanería** está compuesta a su vez, por las instalaciones de agua fría y agua caliente sanitaria. Consiste en la instalación de suministro de agua para las viviendas que conforman el edificio. La distribución a las viviendas parte de la caja de contadores que se encuentra en la planta semisótano, de ahí se reparte a cada planta a través de los montantes que discurren por el patio interior. El material del que están resueltas las tuberías es de PVC.
- **Instalación de evacuación de aguas pluviales y residuales.** Se trata de una instalación separativa en la que se hace una separación de las aguas para verter cada una, según su origen, en un lugar distinto. El material del que están resueltas las tuberías es de PVC.
- **Instalación eléctrica.**
- **Instalación de telecomunicaciones.**
- **Instalación de ventilación.**
- **Instalación de climatización.** Para evitar obras posteriores, la edificación prevé la realización de la preinstalación de aire acondicionado en cada una de las viviendas.

Las instalaciones de fontanería se realizarán por el falso techo de cada vivienda, a excepción del saneamiento que se realizarán por el falso techo de la vivienda inferior para evitar obras mayores en caso de fuga o rotura.

3.4. Documentación inicial

Para el modelado del Edificio de Viviendas objeto de estudio, se parte de un proyecto de ejecución ya desarrollado a través de los métodos tradicionales de representación. La documentación que ha sido facilitada por la empresa colaboradora incluye:

1. Memoria del Proyecto, Mediciones y Presupuesto en formato PDF.



2. Planos de estructura, instalaciones, arquitectura, secciones verticales, esquema de carpintería y esquema de elementos estructurales en formato PDF.
3. Planos de estructura, instalaciones, arquitectura, secciones verticales, esquema de carpintería y esquema de elementos estructurales en formato CAD.
4. Planos de estructura, instalaciones, arquitectura, secciones verticales, esquema de carpintería y esquema de elementos estructurales en formato papel.

3.5. Objetivos

A través de la empresa Hierten Promociones S.L. se fijan los objetivos a cumplir mediante el modelado del proyecto facilitado.

Esta empresa se muestra conocedora de la metodología BIM, pero no lo tiene implementado en sus procesos internos de funcionamiento. Si bien muestra interés en modelar y desarrollar un proyecto en su fase de diseño motivada por la asistencia a seminarios y cursos. Es por ello por lo que se recomienda la realización y el estudio del proyecto en el software BIM Autodesk Revit para poder encontrar las posibles deficiencias o incoherencias en el mismo y de esta manera solventarlas y ahorrar tiempo de planificación in situ.

Para ello, el modelado deberá incluir la completa integración del sistema arquitectónico, con el sistema estructural y sistema de instalaciones MEP (Mechanical Electrical Plumbing).

Posteriormente, se analizará en qué momento un sistema interfiere con otro y se propondrán posibles soluciones, ya que en formato CAD estos problemas en el proyecto no suponen tanta dificultad de detección como puede ser en un modelado en 3D. Además, que conlleva un ahorro en la gestión de costes al trasladar la resolución de problemas y detección de conflictos a la fase de diseño.

Son precisamente estos resultados los que espera obtener la empresa y comprobar que, efectivamente, es una ventaja implantar la metodología BIM frente al uso tradicional de las tecnologías CAD.



4. Diseño e implementación

Para el correcto análisis del Caso de Estudio de este TFM se ha procedido a dividir el mismo en cuatro fases, atendiendo a las fases de desarrollo del modelado de un proyecto de construcción en BIM.

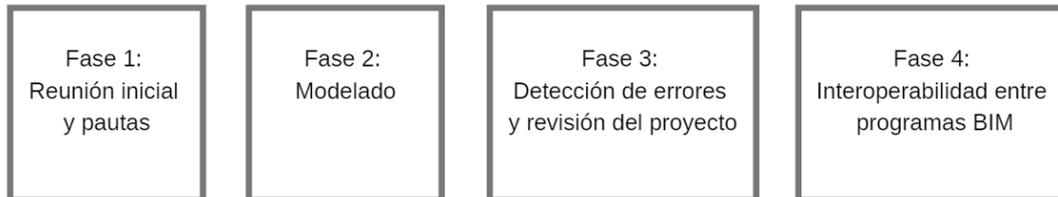


Figura 7: Fases del Caso de Estudio. Fuente: Elaboración propia.

4.1. Fase 1: Reunión inicial y pautas

En esta primera fase de reunión inicial, se establece la toma de contacto entre la empresa y el equipo encargado de realizar la pre-construcción del proyecto caso de estudio.

Se aporta la documentación ya desarrollada previamente para el proyecto de Ejecución de un Edificio de Viviendas y se determinan los objetivos a cumplir. Se acuerda que la herramienta BIM con el que se va a llevar a cabo el modelo sea Autodesk Revit, debido a la facilidad de integración y vinculación entre los tres sistemas y la experiencia previa en el uso de este programa.

Posteriormente se establecen las pautas a seguir entre los modeladores para una correcta integración y coordinación.

4.1.1. Disciplinas del proyecto: integración de modelos

A la hora de realizar la gestión de proyectos debe tenerse en cuenta que todas las distintas disciplinas que conforman el proyecto tengan una modelización adecuada y precisa. Si nos centramos en el área o disciplina del modelado, sería posible organizarlo en tres submodelos, los cuales serían: el Sistema Estructural, el Sistema Arquitectónico y las Instalaciones.

Esta agrupación en submodelos es beneficiosa en cuanto permite un mejor control de los archivos, al reducir su cantidad, haciendo posible una mejor diferenciación entre estos y modificar, en el supuesto de que existiese la necesidad de realizar alteraciones en el proyecto, las áreas de trabajo (Barco, 2018).



Sistema de Subdivisión de Modelos		
Modelo	Submodelos	
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Edificación	Estructura	Hormigón
	Arquitectura	Tabiquería
		Carpintería
	Instalaciones	Acabados
		Saneamiento
		Agua fría
		Agua caliente

Tabla 2: Sistema de subdivisión de modelos. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Componentes para modelar. Creación de familias.

El proyecto ejecutado cuenta en cada uno de sus subsistemas diferentes elementos personalizados para este edificio en concreto. Es necesario crear familias únicas a partir de otras ya existentes modificando los parámetros de los elementos que forman la familia o creándose de cero dependiendo de cada elemento en cuestión. Algunas de las familias que se han tenido que crear para la correcta ejecución de este proyecto son las siguientes:

- Sistema estructural:
 - o Vigas.
 - o Cimentaciones.
- Sistema arquitectónico:
 - o Carpintería.
 - o Falsos techos.
 - o Muros de tabiquería seca.
 - o Estructura metálica de fachada.
- Sistema de instalaciones:
 - o Aparatos sanitarios.
 - o Encuentros de tuberías.

4.1.3. Planificación de secuencias constructivas

La herramienta utilizada en la modelización permite registrar la fase del proceso constructivo en la que se crean o derriban vistas o elementos, pudiéndose usar filtros de fase para controlar la información de estas. Se pueden crear distintas fases de trabajo para aplicar a cada uno de los elementos y que se verán



reflejadas en las vistas del modelo. Esto permite crear documentación específica de cada fase del proceso constructivo elegido sobre el proyecto y tablas de planificación

En este caso, partiendo de la base que se trabaja con submodelos, no se ha visto necesaria la creación y planificación de las secuencias constructivas a través de las fases para la ejecución en el modelo.

4.1.4. Documentación: planos, detalles y datos

A partir del modelo desarrollado en Autodesk Revit, se pueden extraer planos con vistas de plantas, alzados, secciones o detalles al haberse desarrollado conjuntamente en un modelo tridimensional. A estos planos se les pueden introducir cotas y anotaciones al estar integrado en un modelo paramétrico que permite extraer la información de forma inmediata.

Se obtendrán los planos solicitados por la empresa colaboradora que sean necesarios para la correcta ejecución de la obra, teniendo de base los planos originales elaborados en CAD, incluso tablas de planificación y superficies que se puedan extraer del modelo.

4.1.5. Gestión del modelo BIM

Durante la fase de diseño del proyecto, a medida que el modelo de información varíe, o se cambien los elementos proyectados, se actualizarán las versiones de este.

Cuando se detecten errores en cualquier parte del modelo, este podrá ser corregido inmediatamente y el resultado podrá visualizarse en cualquiera de los planos y documentos generados. Esto se verá reflejado en cada uno de los subsistemas en los que se desarrolla el proyecto al encontrarse vinculados entre sí.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de vincular los submodelos:

- Los archivos se encuentran enlazados en modo solapamiento.
- Se ha definido el sistema de coordenadas común a los tres a la hora de vincular en los distintos subsistemas para evitar desplazamientos o errores de posicionamiento.
- Cuando se produzcan modificaciones en cualquiera de los archivos vinculados al modelo, se actualizarán a la versión más reciente para evitar errores de modelado.



- Al utilizar los modelos vinculados con el subsistema de instalaciones es importante trabajar con alguna herramienta de coordinación de elementos o crear vistas específicas para visualizar mejor los encuentros de los elementos entre vínculos.

4.1.6. Esquema de pautas de modelado

Se crea una tabla de Pautas de Modelado (Tabla 3) en la que se detallan cuáles son las principales normas de consulta rápida que se deben de cumplir para un correcto modelado y no haya una disonancia entre los submodelos realizados.

Pautas de Modelado	
Categoría	Pautas
Organización de los archivos	Trabajar en la nube y mantener todos los archivos en una misma carpeta compartida. Se guardarán copias de seguridad del submodelo antes de hacer una variación sustancial del mismo.
Vínculos	Trabajar con los submodelos vinculados en los casos que facilite la visibilidad del conjunto. Actualizar los modelos vinculados al empezar la sesión y periódicamente. Al vincular los submodelos entre sí, fijar el vínculo para que no se mueva por error y genere problemas.
Normas de trabajo	Trabajar a partir de una plantilla con los ejes establecidos del edificio. No abrir un mismo submodelo simultáneamente en dos equipos. Trabajar con las últimas modificaciones de proyecto.
Nomenclatura	Los nombres de vistas de plantas se corresponden con los del proyecto original seguidos de <i>Arq.</i> En el subsistema de arquitectura, <i>Est.</i> En el caso de estructura, y <i>Font.</i> En el caso de fontanería. El nombre del submodelo corresponderá a: Modelo_NombreDeProyecto_Submodelo_Versión.rvt
Comunicación	Notificar en el momento que se vayan a hacer cambios importantes que afecten al resto de subsistemas

Tabla 3: Pautas de Modelado

El proyecto sobre el que se realiza este caso de estudio ha sido nombrado según la calle de su situación, Calle Santo Domingo. Quedando la denominación de los submodelos generados como sigue:

- MODELO_SANTO_DOMINGO_ESTRUCTURA_1.rvt
- MODELO_SANTO_DOMINGO_ARQUITECTURA_1.rvt
- MODELO_SANTO_DOMINGO_INSTALACIONES_1.rvt



Figura 5: Ejemplo de denominación de vistas. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Fase 2: Modelado

Una vez establecidas las pautas a seguir para el modelado del proyecto objeto de este caso de estudio, se procede a detallar los elementos a modelar según la división del trabajo por submodelos.

4.2.1. Submodelo estructural

En primer lugar, se ejecutan los ejes del proyecto en planta que sirven de guía para el desarrollo del resto de la edificación y en todos los subsistemas. A través de los planos aportados del proyecto en formato CAD se realiza el modelo estructural siguiendo el esquema de trabajo propio de una obra de construcción.

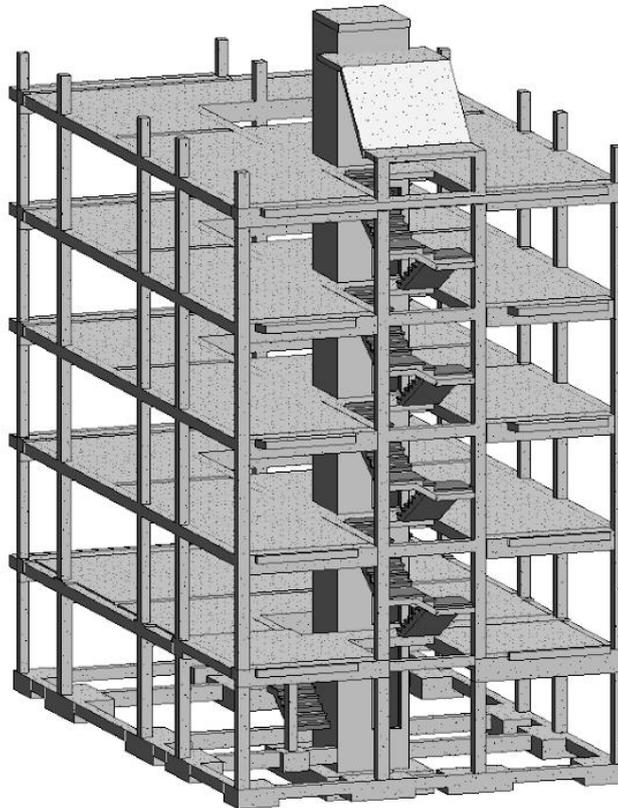


Figura 8: Modelado de la estructura en BIM. Fuente: Elaboración propia.

Los elementos más representativos de los que está compuesta la estructura de este proyecto son:

Cimentación

La planta de cimentación se lleva a cabo manteniendo las medidas propuestas en el proyecto original y siguiendo los ejes definidos previamente. Se tratan de zapatas aisladas con diferentes medidas según su ubicación en el solar, cabe destacar la existencia de una zapata doble ubicada bajo el foso del ascensor.

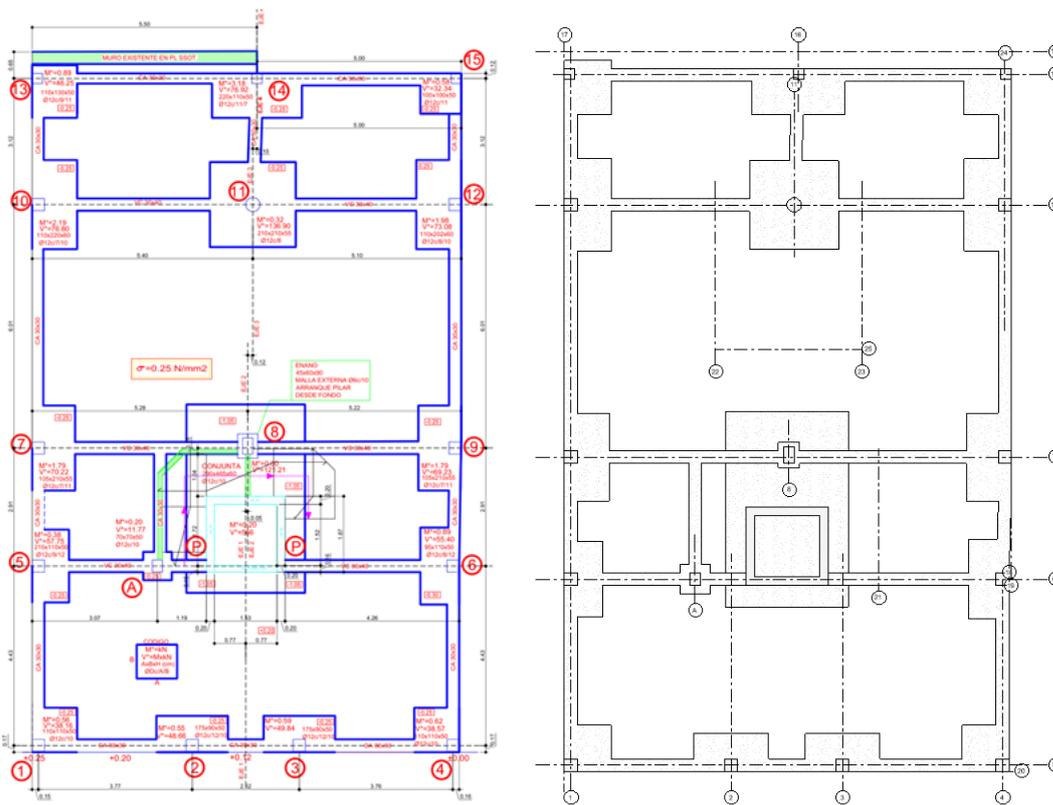


Figura 9: Planta de cimentación y ejes del proyecto. Fuente: Proyecto original y elaboración propia.

Vigas

Dentro de la categoría de vigas se incluyen también tanto las correas de amarre, como las vigas centradoras correspondientes a la planta de cimentación. Al igual que con las zapatas se lleva a cabo manteniendo las medidas propuestas en el proyecto original y siguiendo los ejes definidos previamente.

Las vigas correspondientes al resto de la estructura se han tenido que modelar por familias individualmente al tratarse de vigas calculadas específicamente para este proyecto.

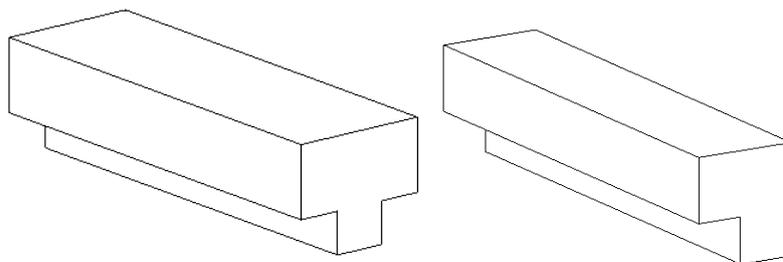


Figura 10: Viga en T tipo y viga en L tipo modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.



Forjados

Los forjados se resuelven concretando las caras de encofrado de cada una de las plantas y su sección para cada zona, pudiendo variar de entre 30 cm y 35 cm de espesor. Se modelan las semiviguetas previendo su localización exacta en la obra, de manera que se adapten al paso de las instalaciones. Por ello, ha sido conveniente trabajar en conjunto con el submodelo de instalaciones y revisar la estructura de los forjados una vez establecidos los huecos de paso de las tuberías.

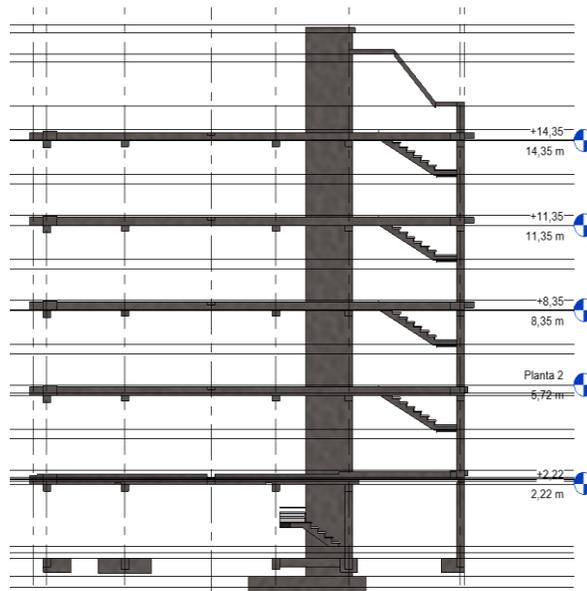


Figura 11: Niveles de encofrados, modelo en BIM. Fuente: Elaboración propia.

Escalera

Se determina que la escalera se modele en el submodelo de estructuras a pesar de que el programa lo considera un elemento arquitectónico. Esto es porque se sigue el esquema de ejecución de una obra de construcción real y la losa de la escalera se ejecutará junto al resto de la estructura.

Las escaleras están formadas por una losa de hormigón armado de 15 cm de espesor, dejando 5 cm para los acabados de pavimento. Se modelan siguiendo los planos originales de proyecto.

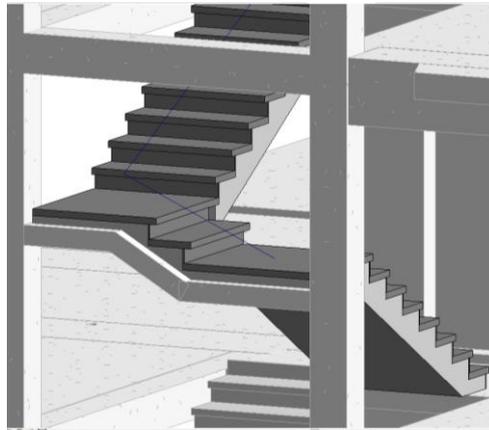


Figura 12: Escalera tipo, modelo en BIM. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Submodelo arquitectónico

Paralelamente a la ejecución de la estructura, una vez que estén definidos los elementos principales, se procede a la creación del submodelo arquitectónico.



Figura 13: Modelado de la arquitectura en BIM. Fuente: Elaboración propia.

Este está formado por los siguientes elementos:

Muros de partición básico

Se definen los muros de partición siguiendo el esquema del proyecto original. Existen muros de anchos variables entre 6 cm, 9 cm, 10 cm o 12 cm.

Tabiquería seca y falso techo

En la figura 11, se plantea la estructura interna de un tabique interior y su morfología, mediante la edición en la herramienta BIM se ha podido definir siguiendo las indicaciones de la empresa colaboradora.

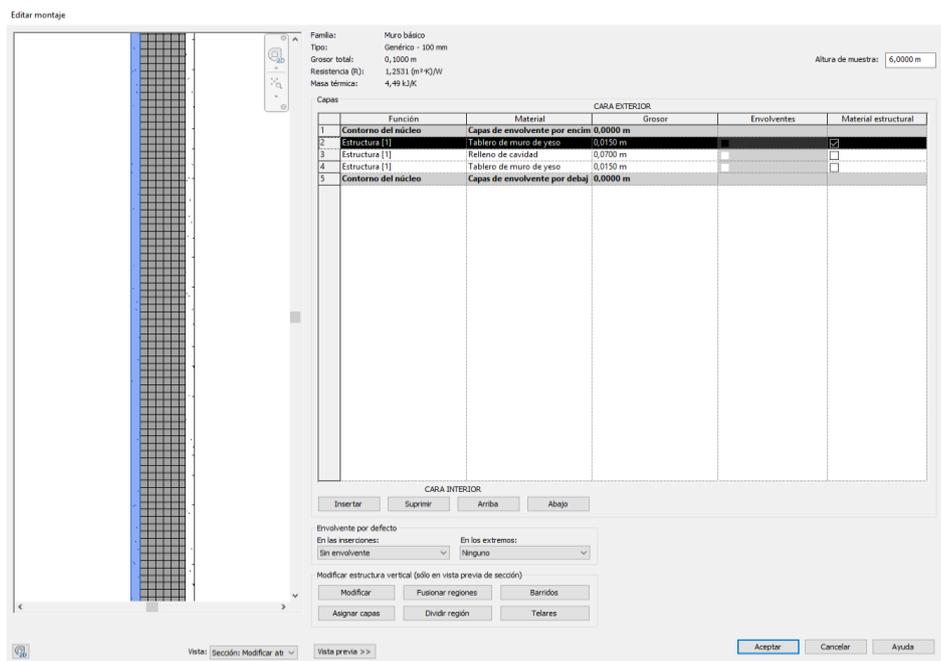


Figura 14: Tabiquería seca, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

Pavimento y acabados

Siguiendo las indicaciones de la empresa colaboradora con la que se ha llevado a cabo este modelo, se realiza un modelado básico de la estructura de formación de pavimento desde la cara de acabado del forjado, a la cara de piso terminado. Lo que se quiere conseguir es definir la calidad del acabado de forma gráfica en el modelo terminado, antes que establecer en detalle los materiales y la estructura que conforman la formación del pavimento.

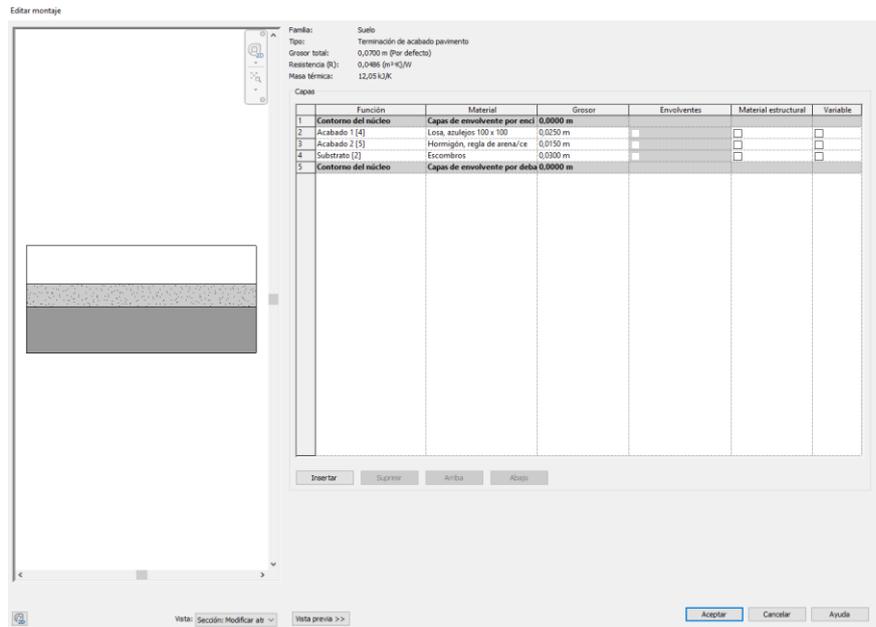


Figura 15: Formación de pavimento, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

Carpintería

En el proyecto original se planea un esquema de carpintería (Figura 13) que incluye todas las puertas y ventanas determinadas en el proyecto. Para poder llevar a cabo un modelado fiel al proyecto original y se puedan detectar con mayor rapidez posibles interferencias, se modelan las familias de toda la carpintería atendiendo a este esquema.

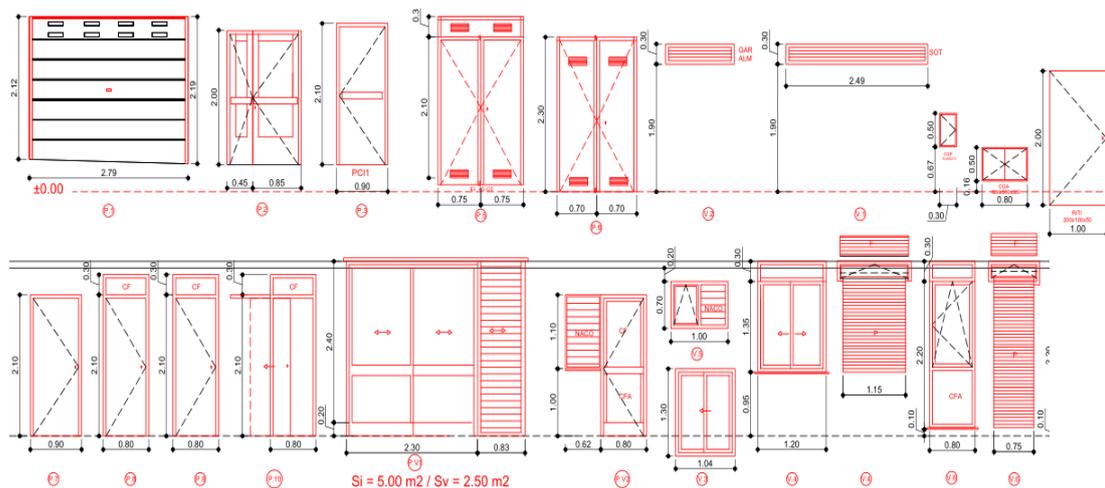


Figura 16: Esquema de carpintería original. Fuente: Proyecto original.



Figura 17: Esquema de carpintería - puertas modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

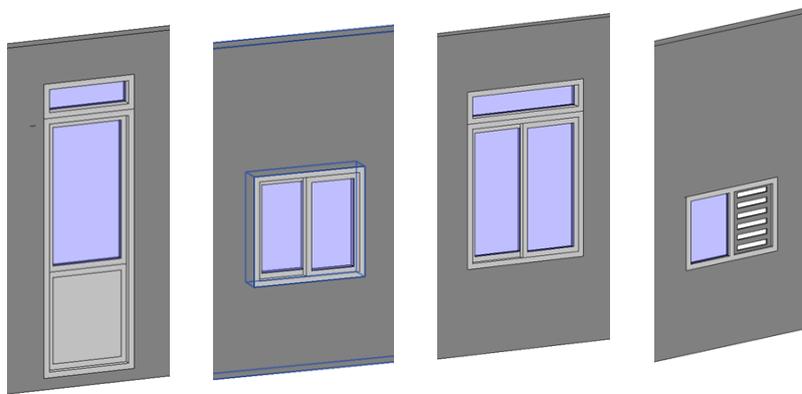


Figura 18: Esquema de carpintería - ventanas modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Submodelo de instalaciones

El modelo de instalaciones MEP contendrá el modelado y enrutamiento de todo el sistema de saneamiento, fontanería y ventilación. Se encuentra conformado por los siguientes elementos:

- Emplazamiento de todos los aparatos sanitarios.
- Unión y enrutamiento de las tuberías del sistema sanitario.
- Enrutamiento y unión de tuberías del sistema de fontanería.
- Unión y enrutamiento del sistema de ventilación.
- Emplazamiento de rejillas del sistema de pluviales.

Para ello se ha debido definir la ubicación real de los aparatos sanitarios y todo el sistema de recogida de aguas, por lo que se ha tenido que actuar en conjunto con el submodelo arquitectónico. También se ha previsto el paso de las tuberías de manera que no afecten a la estructura ni supongan aperturas de huecos de manera desordenada.

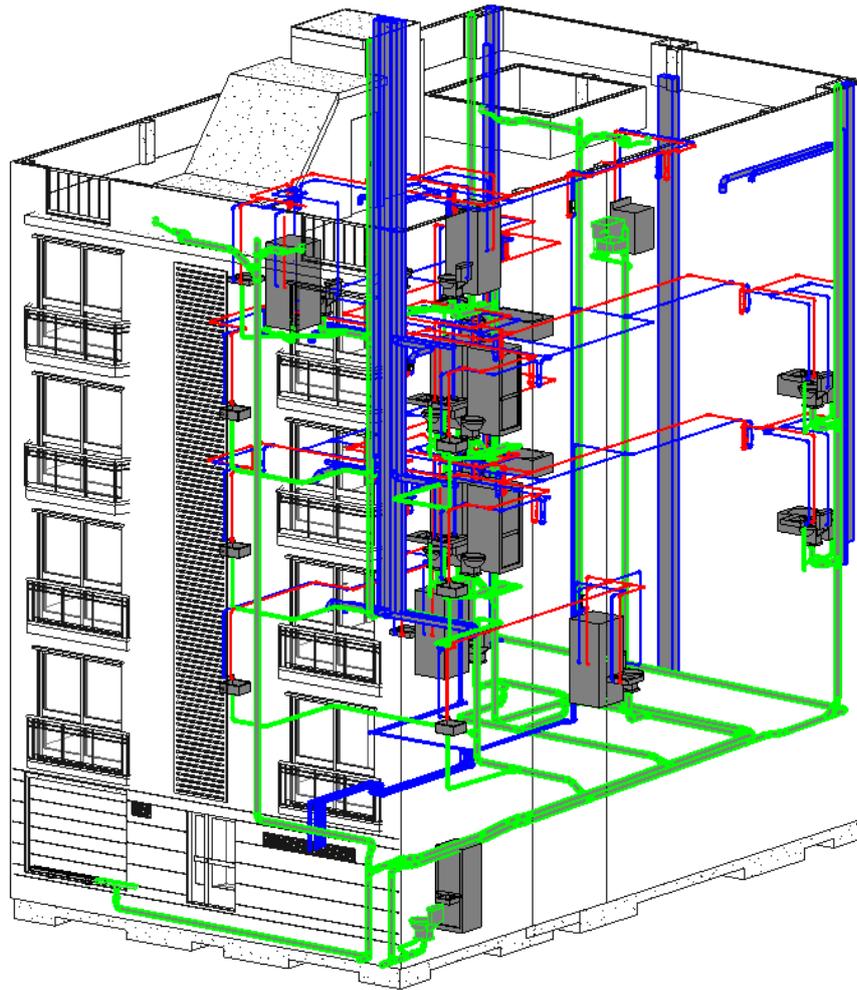


Figura 19: Modelado de las instalaciones en BIM. Fuente: Elaboración propia.



4.3. Fase 3: Detección de errores y revisión del proyecto

Esta fase es fundamental y una de las más importantes del presente Trabajo de Fin de Máster, ya que en ella es donde se empiezan a detectar todas las carencias del proyecto y las incongruencias que no han sido percibidas a través de los planos aportados en CAD.

Para un mejor entendimiento y valoración, esta fase se dividirá en dos apartados, atendiendo a su vez al submodelo en el que se encuentre integrado:

- Soluciones no definidas en el proyecto: son todas aquellas soluciones que, a la hora de modelar, se ha detectado que no se ha detallado con exactitud cómo se ejecutarán en la obra.
- Modificaciones del proyecto: son aquellas que se encuentran definidas en el proyecto, pero una vez modeladas se decide cambiarlas por otra solución.

4.3.1. Sistema estructural

Soluciones no definidas en el proyecto

- El proyecto no prevé la situación final de los huecos de paso de las instalaciones en la estructura, por lo que se realizará, de cara a facilitar la ejecución de la obra, un plano con las dimensiones y acotados de los mismos. De esta manera no se tendrán que abrir huecos una vez ejecutados los elementos estructurales.
- En la estructura de la escalera no se detalla ningún sistema de vigas de apoyo entre pilares, por lo que se plantea, junto a la empresa colaboradora una solución de vigas siguiendo el esquema de la escalera (Figura 17).

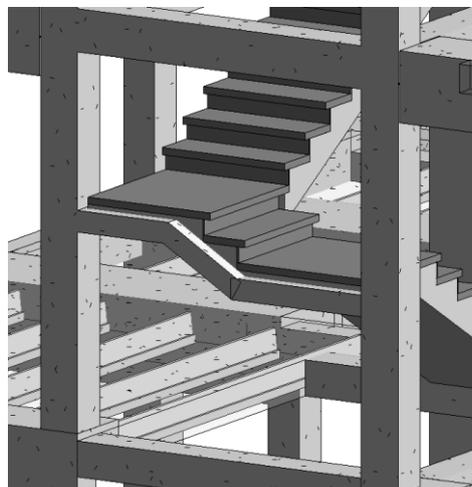


Figura 20: Viga de apoyo para la escalera, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- Al igual que ocurre en la escalera, no se distingue en el proyecto original una viga de atado entre los pilares de fachada en la planta de azotea, por lo que se adopta la solución de modelar siguiendo las medidas e indicaciones de la empresa colaboradora.
- En los huecos de paso de las instalaciones no se prevé una viga de apoyo para las semiviguetas del forjado. Siguiendo las indicaciones de la empresa colaboradora, se soluciona colocando un pequeño zuncho de apoyo

Modificaciones del proyecto

- Se encuentra un error de dimensionamiento en las vigas en el forjado 1, que corresponde al desnivel de altura que hay en la cara inferior del mismo. Este forjado se ejecuta parcialmente con una cota de encofrado a +2,22 m y con una cota de encofrado +2,38 m para aquella zona del forjado que se corresponde con la entrada del garaje y presenta cabezada.

Una vez modelada la estructura, se observa que las vigas dimensionadas en proyecto no resuelven bien el cambio de cota entre los dos forjados por lo que se adopta la solución de recalcular la estructura y adoptar nuevas medidas en estas vigas.

La cota de encofrado a +2,38 m pasa a ser +2,40 m y la viga en L se convierte en una viga en T después del redimensionamiento de la estructura. Además, la losa de hormigón de canto 0,20 m del proyecto original se convierte en un forjado de semiviguetas y bovedilla de canto 0,25 m.

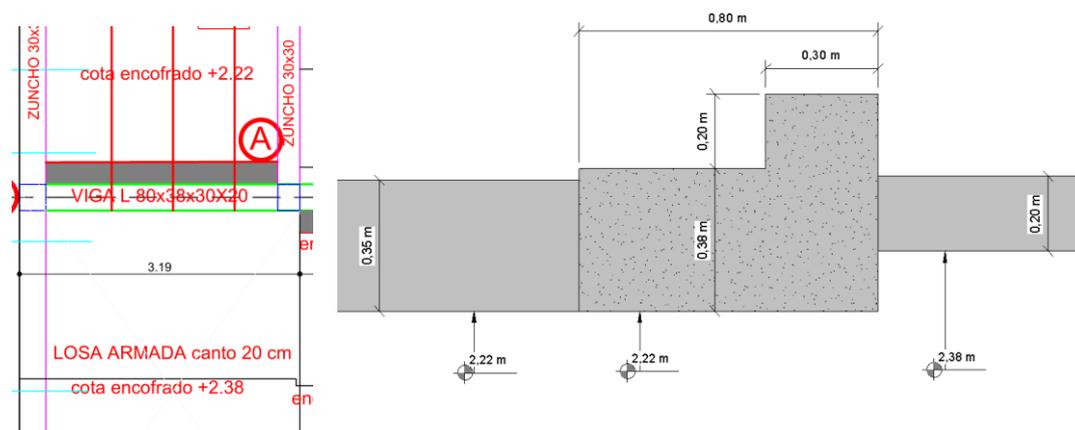


Figura 21: Error de dimensionado en vigas, modelado en BIM. Fuente: Proyecto original y elaboración propia.

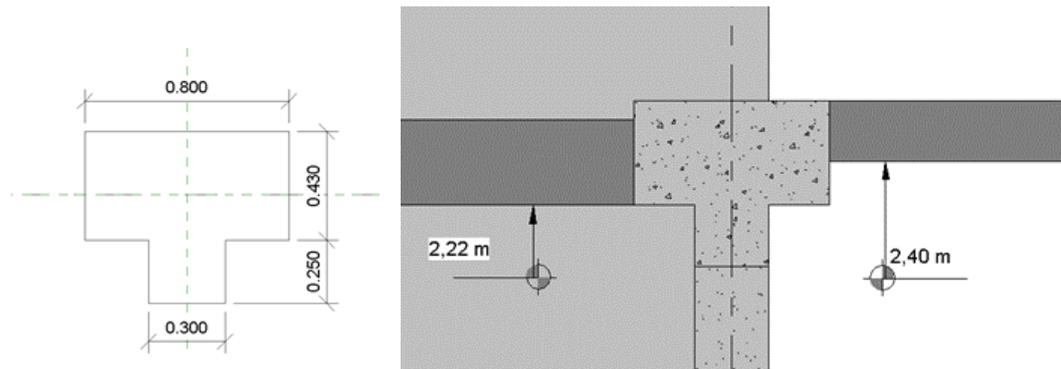


Figura 22: Solución adoptada, modelado den BIM. Fuente: Elaboración propia.

- Las cimentaciones se deciden subir hasta que la cota superior de acabado sea +0,40 m para facilitar la unión del sistema de instalaciones con la red general.
- En el hueco de la escalera que va desde la planta semisótano hasta la planta primera no se encuentra bien definido en proyecto y presenta cabezada en lo que corresponde a la cocina de la vivienda izquierda de la planta primera.

Para solucionar este error de comprensión en los planos, se plantea la ejecución de una losa que, por una parte, esté a una altura en la que no se produzca cabezada en la escalera, y por otra, sirva de encimera para la cocina.

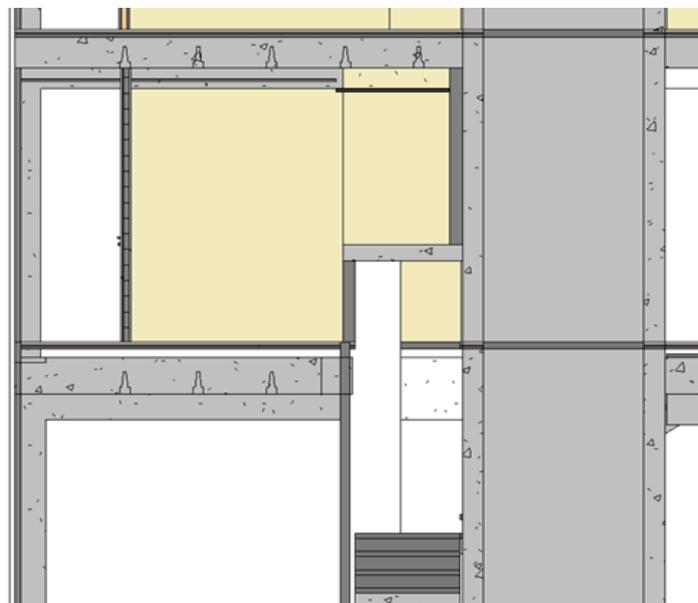


Figura 23: Solución adoptada, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- Las dimensiones de la viga en fachada interfieren con la carpintería de entrada al aparcamiento común de la planta sótano. Se propone el redimensionado de esta viga y el cambio de su forma en L a una forma rectangular.

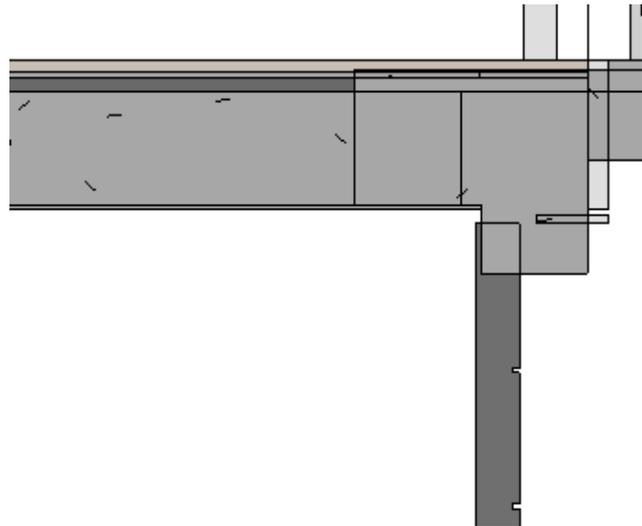


Figura 24: Viga en colisión con carpintería, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Sistema arquitectónico

Soluciones no definidas en el proyecto

- Las alturas de falso techo en las cocinas y baños no se encuentran definidas en proyecto, sólo están definidas las alturas de falso techo en las estancias en general.

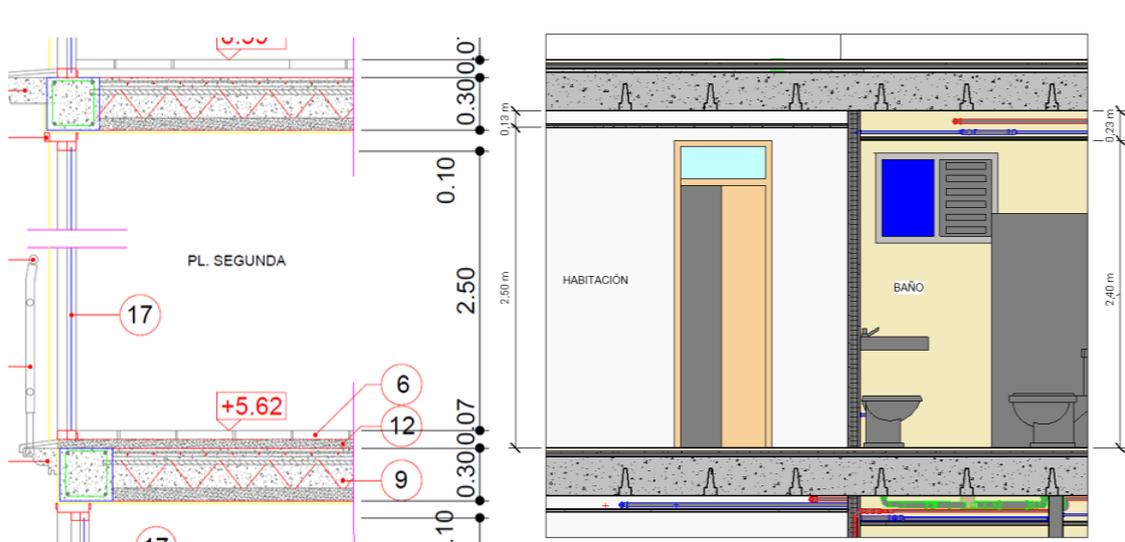


Figura 25: Falsos techos, modelado en BIM. Fuente: Proyecto original y elaboración propia.

- Para los acabados de la fachada principal se plantea en proyecto un llagueado, si bien no se especifican cotas ni cuál será la separación entre

ellos. Se hace un estudio junto a la empresa colaboradora en la que se definen las cotas y se proponen diferentes opciones finales.



Figura 26: Estudio final de la fachada en planta baja, modelo en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- La puerta de garaje en proyecto se define con las alturas de la calle, no quedando claras sus dimensiones reales. Se define que su forma sea cuadrada y con las medidas definidas por la empresa colaboradora.
- En los planos no viene definida la ventana V7 en el lado izquierdo de la fachada, esta se define por la empresa colaboradora de manera que genere simetría entre los elementos.

Modificaciones

- Se establece que se modificará la carpintería de acceso a los patios en planta baja, que se compone de puerta y ventana, y se le quitará la ventana.
- En la pared en la que se encuentran las puertas de los dormitorios al final del pasillo, se intenta, en la medida de lo posible, acortar la longitud del pasillo. Sin llegar a interferir con las puertas del dormitorio anterior, cuya situación es dependiente de la ubicación prevista de los armarios empotrados.

En el caso que, al realizar estas modificaciones, las puertas interfieran con los pilares, se cambiará el sentido de apertura para que en todo momento la puerta pueda abrir en su totalidad.

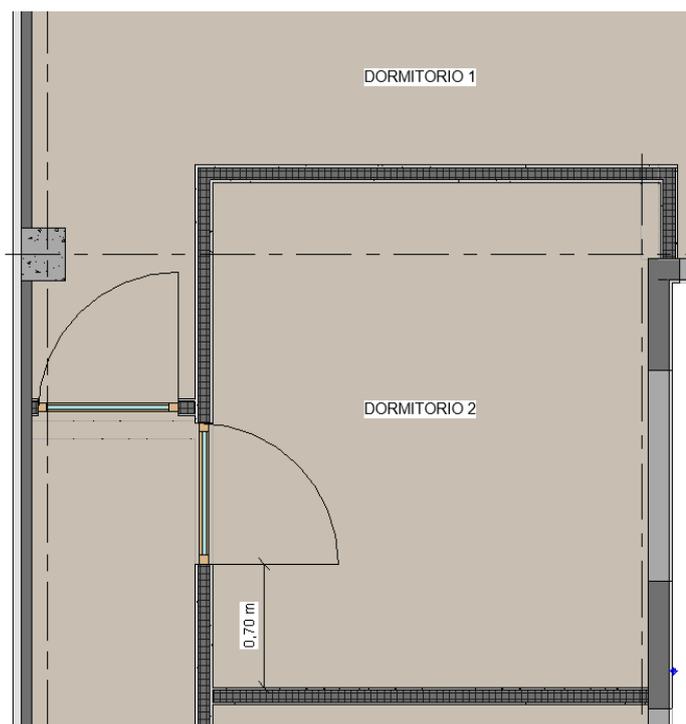


Figura 27: Solución adoptada, modelo en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- Las cocinas están definidas en proyecto como habitaciones independientes del resto de la vivienda, si bien se comunica que, por petición de los futuros propietarios, se eliminen los muros que separan la cocina del salón-comedor.
- Se observa al colocar la carpintería correspondiente a las ventanas en los dormitorios, esta interfiere con los falsos techos y las cajas de las persianas se encuentran seccionadas. Se adopta la solución de realizar un foseado perimetral en el falso techo al llegar a la pared donde se encuentran las ventanas y dejar un hueco a modo de cortinero.

4.3.3. Sistema de instalaciones

Soluciones no definidas en el proyecto

- En los planos aportados no se encuentra definido el recorrido de las tuberías del baño de la planta de semisótano. Asimismo, la empresa informa que, por este baño, además, llegarán las tuberías de saneamiento y pluviales. Posteriormente, bajarán hasta la cota $-0,40$ m, para después enganchar a la red de alcantarillado de la calle.

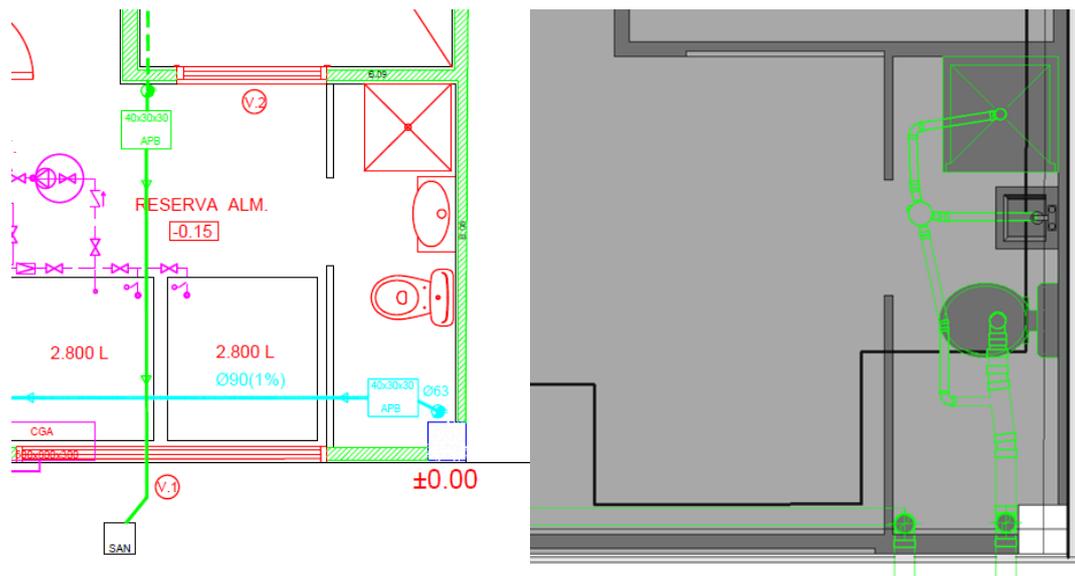


Figura 28: Baño planta semisótano, modelo en BIM. Fuente: Proyecto original y elaboración propia.

Modificaciones

- En el plano original del proyecto, la instalación de saneamiento en el garaje atraviesa las vigas de cuelgue, haciendo que la altura de piso techo se reduzca. Para solventar este inconveniente, se cambia la dirección de la tubería para hacerla coincidir con la parte inferior del ala de la viga de cuelgue en T.

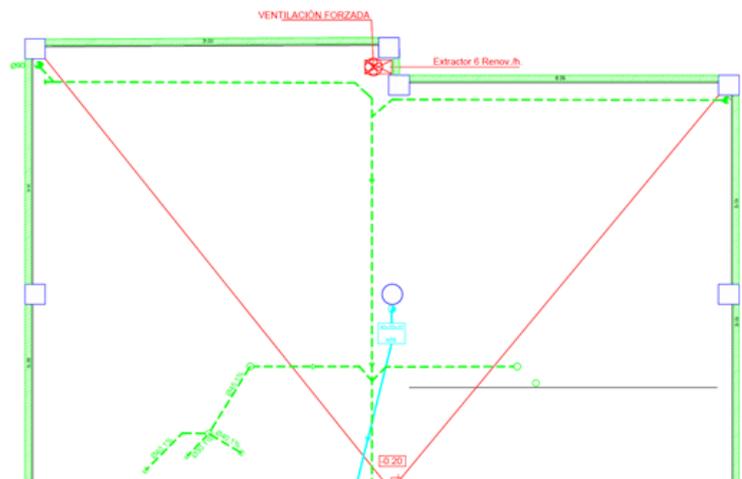


Figura 29: Instalación de saneamiento en planta de garaje. Fuente: Proyecto original.

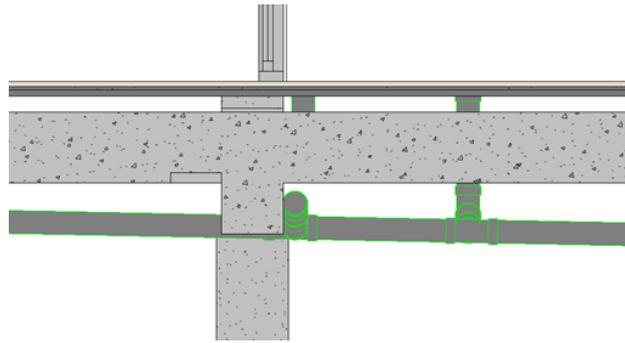


Figura 30: Instalación de saneamiento en planta garaje, sección modelado en BIM.

Fuente: Elaboración propia.

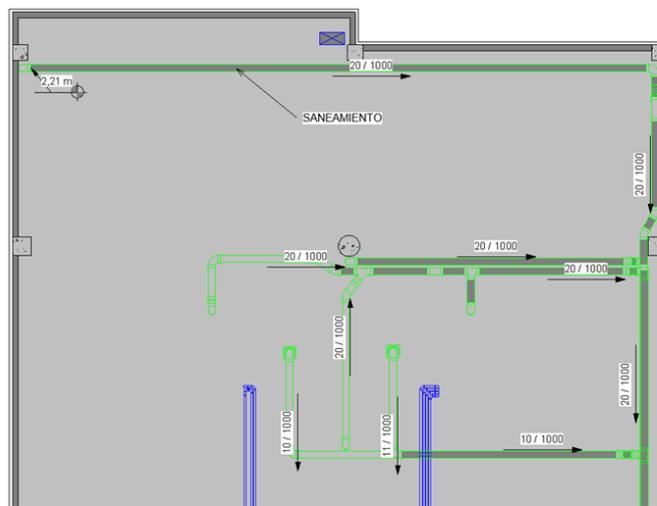


Figura 31: Instalación de saneamiento en planta garaje, modelado en BIM. Fuente:

Elaboración propia.

- Se opta por cambiar el recorrido de las tuberías de saneamiento y pluviales para colocarlas una debajo de la otra y pegadas al muro, de esta forma se ven más ordenadas en el garaje y no reducen la altura piso techo del recorrido de los coches.

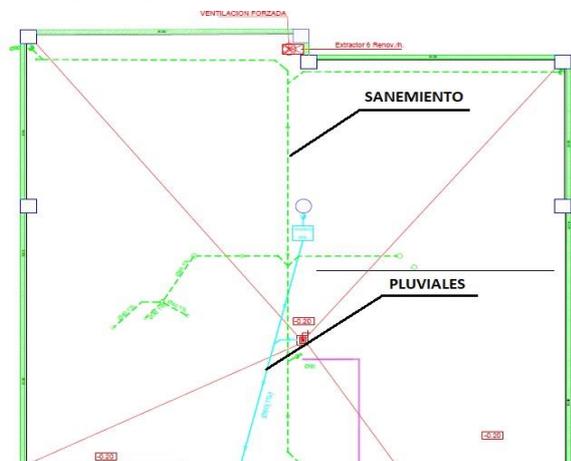


Figura 32: Instalación de saneamiento en planta garaje. Fuente: Proyecto original.

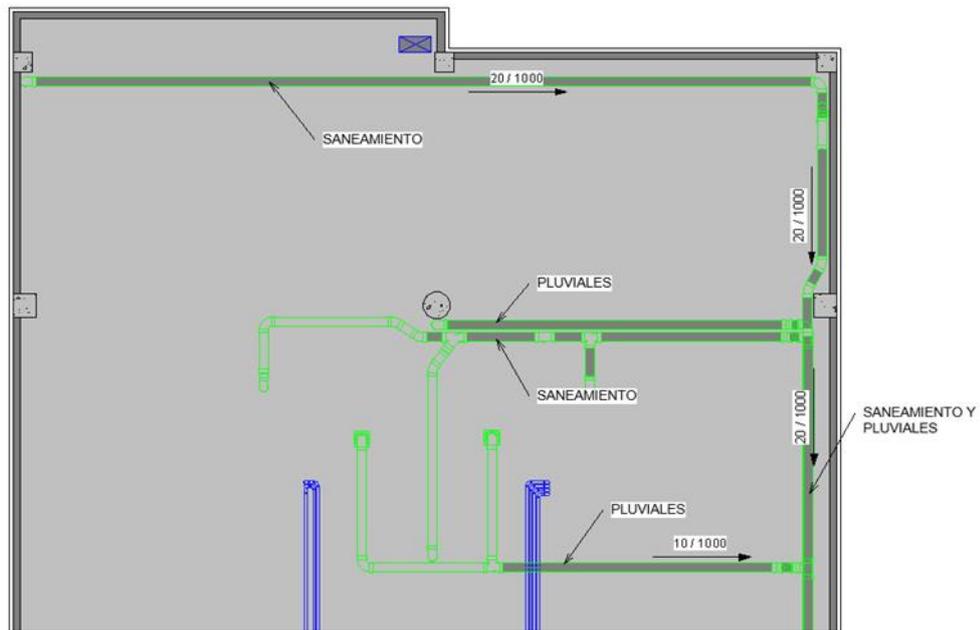


Figura 33: Instalación de saneamiento en planta garaje, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

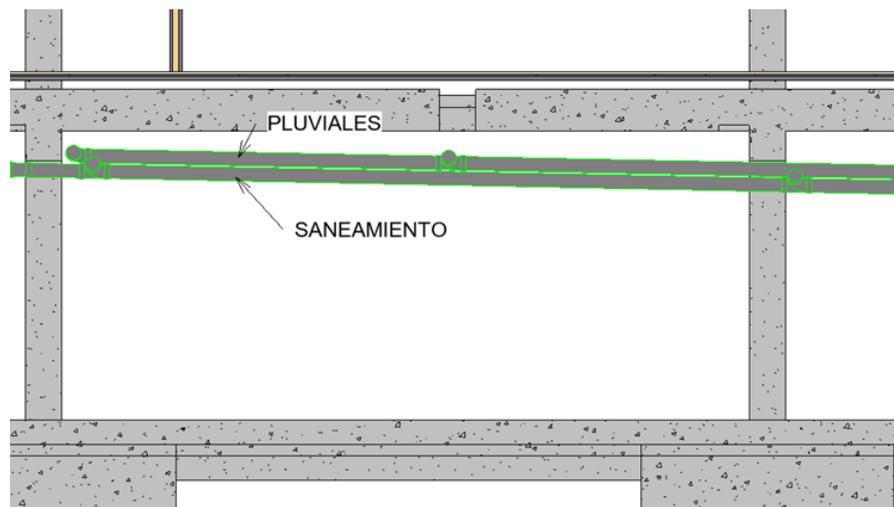


Figura 34: Instalación de saneamiento en planta garaje, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- Durante el modelado de la instalación de saneamiento de la cocina de la vivienda izquierda de la planta número 1, se detecta que, en su recorrido por la planta de garaje, ésta choca con una de las vigas de cuelgue, teniendo que bajar un poco más la tubería y reduciendo la distancia piso-techo de una importante zona de tránsito de coches. Por esta razón en coordinación con la empresa, se decide cambiar el recorrido para que la tubería no interfiera con la viga de cuelgue y se opta por pasar esta tubería por la caja de escalera.

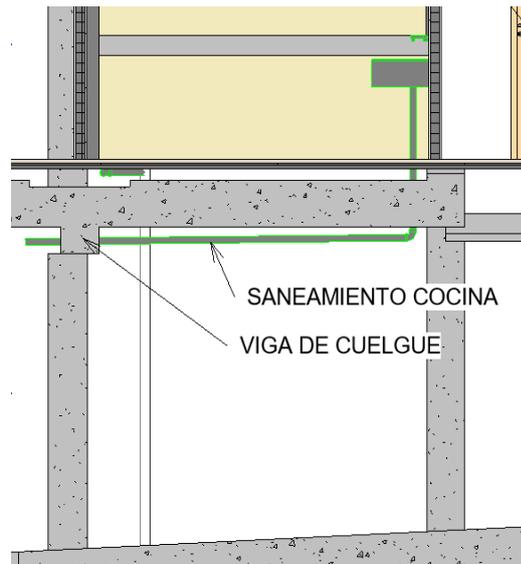


Figura 35: Situación original de las instalaciones, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

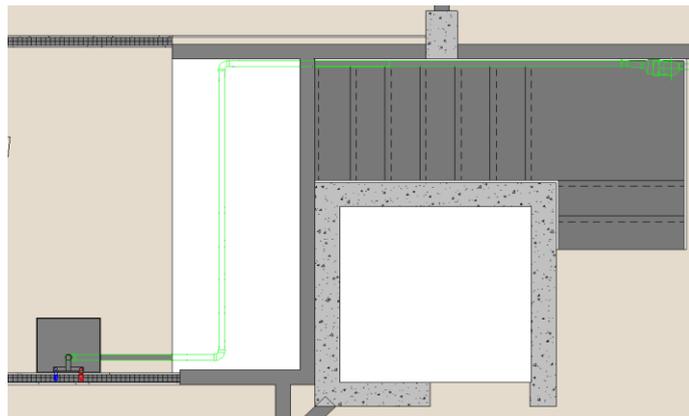


Figura 36: Solución adoptada en planta, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

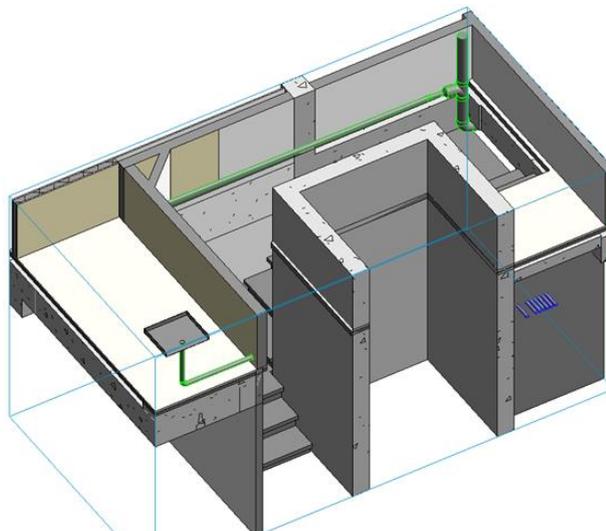


Figura 37: Solución adoptada, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- En el proyecto original las tuberías de extracción de humos de la cocina del nivel 4, evacuaban por el forjado superior hasta llegar a la cubierta. Viendo que esta solución no era la más adecuada, se modifica y se redirecciona por el falso techo de la cocina hasta llega a la columna general de extracción de humos.

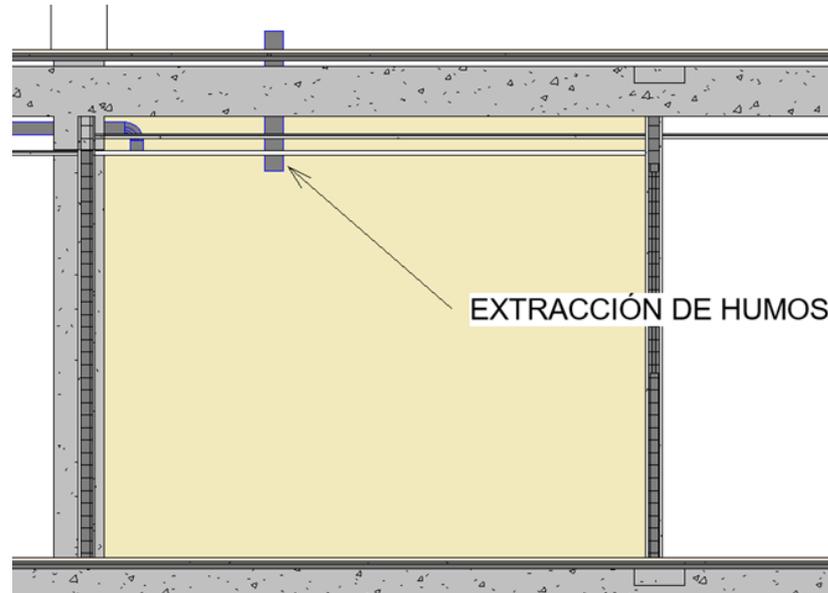


Figura 38: Situación original de las instalaciones, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

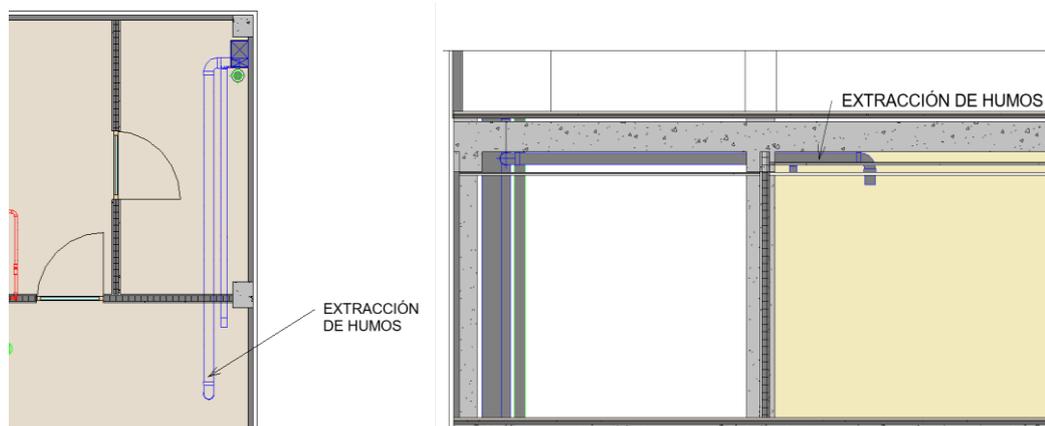


Figura 39: Solución adoptada, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

- En el proyecto original, las cazoletas de cubierta evacúan hacia las esquinas opuestas del edificio bajando a lo largo de ellas hasta llega a la planta del garaje, donde se unen hasta el saneamiento general. Esta solución no era la más adecuada ya que, en la planta de garaje, una de ellas tendría que atravesar el ancho de la entrada al garaje y el recibidor del edificio en su totalidad.

Es por esto por lo que se decidió unir ambas tuberías en la planta cuarta, en la caja de escalera y bajarlas unificadas por una de las esquinas hasta la planta de garaje y de ahí, hasta la red de saneamiento general.

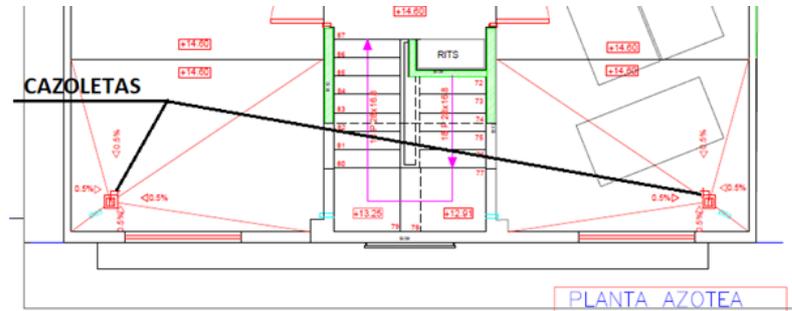


Figura 40: Situación original de las instalaciones, planta de cubierta. Fuente: Proyecto original.

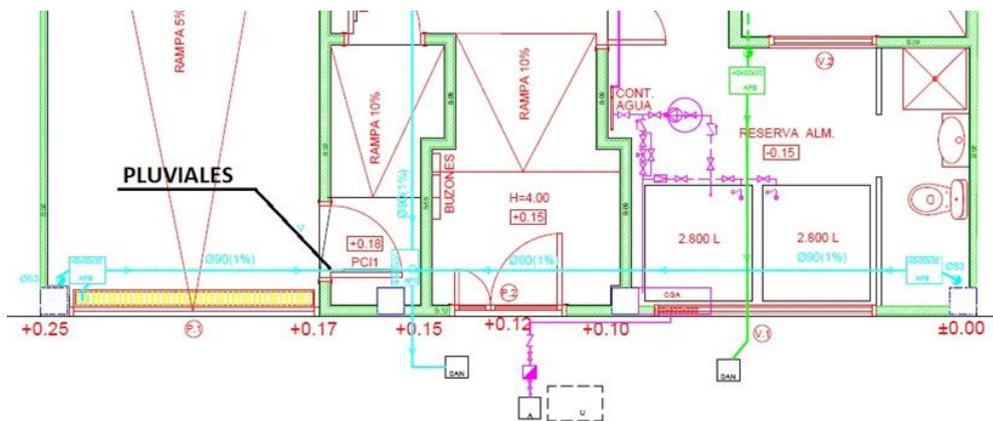


Figura 41: Situación original de las instalaciones, planta de sótano. Fuente: Proyecto original.

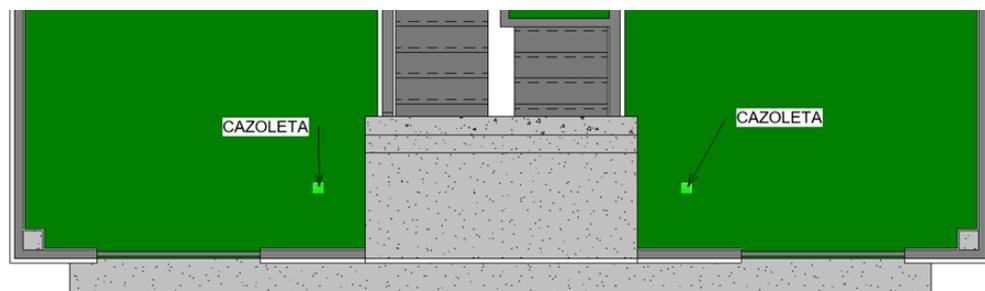


Figura 42: Solución adoptada, planta cuarta, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

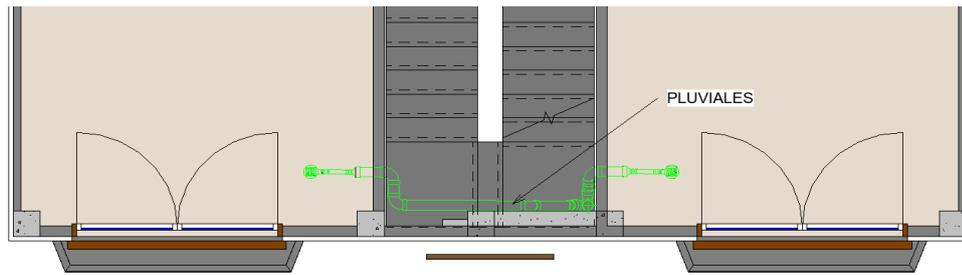


Figura 43: Solución adoptada, planta tercera, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

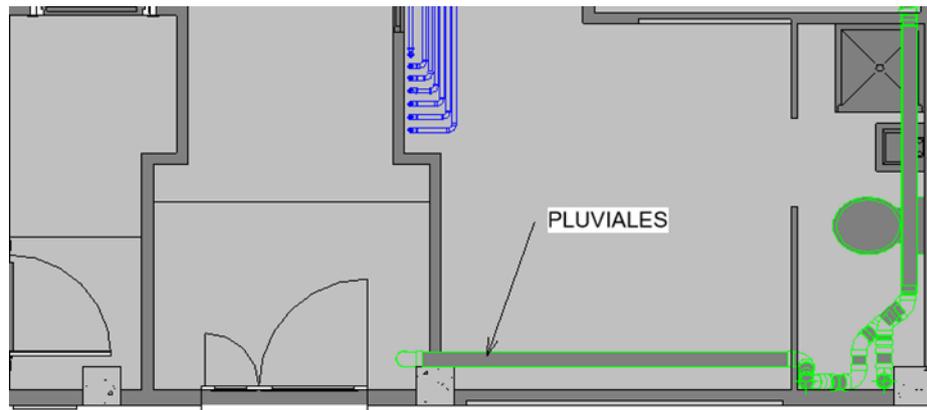


Figura 44: Solución adoptada, planta sótano, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

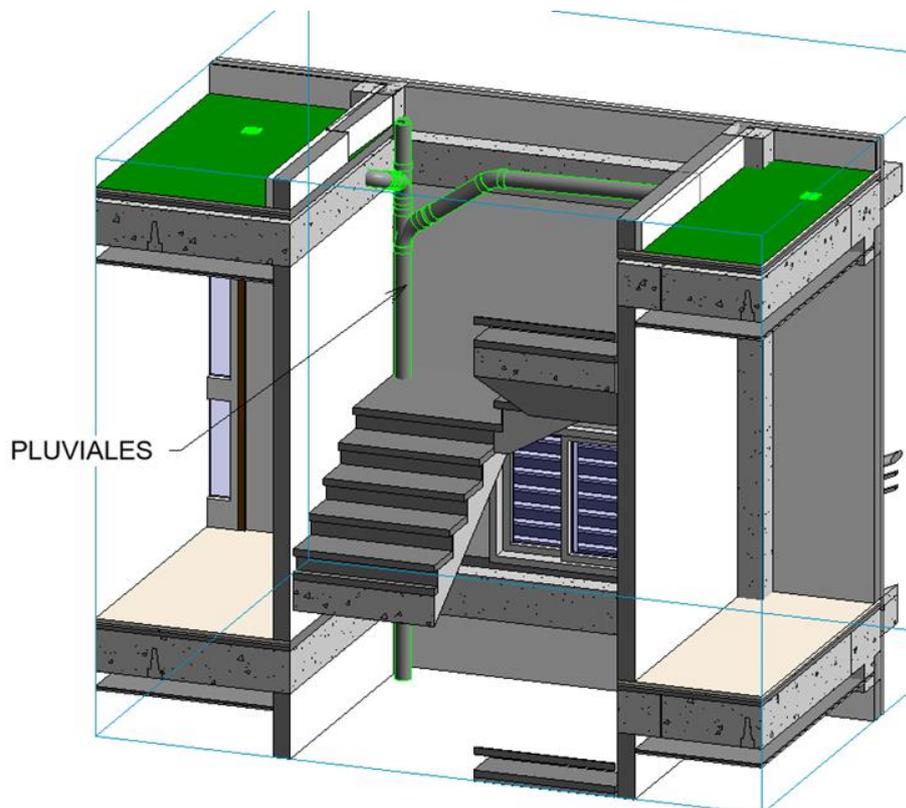


Figura 45: Solución adoptada, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.



4.4. Fase 4: Interoperabilidad y visualización de los modelos BIM

Una vez terminado el modelado del proyecto según las pautas a seguir acordadas junto a la empresa colaboradora, se plantea la duda de cómo se puede visualizar puntualmente el modelo desde la fase de ejecución de la obra, sin que suponga un gran desembolso económico y que no implique una formación previa en sistemas BIM.

Esta misma duda la traslada el responsable en la empresa constructora, quien necesita poder consultar el modelo y realizar mediciones sobre el proyecto en cualquier momento sin contar con la ayuda del experto en el programa. Así, *uno de los objetivos planteados es la posibilidad de examinar y verificar la correspondencia de los planos con la realidad de la obra, de forma que no sea necesario conocer el funcionamiento del programa utilizado para el modelado.* También se plantea como objetivo secundario la *posibilidad de que esta consulta del modelo sea, además de dinámica e intuitiva, compatible con dispositivos de fácil transporte, ya que debe ser capaz de consultarse en cualquier momento o lugar.* Por lo que debe ser compatible con dispositivos portátiles que puedan encontrarse en una obra como móviles o tabletas.

Se lleva a cabo un estudio de los visores BIM que se encuentran actualmente en el mercado que cumplan con los requisitos propuestos y que además sea gratuita su utilización para la consulta de los modelos. Estas herramientas deberían permitir además la visualización de los modelos IFC exportados de los programas BIM sin que sea necesario adquirir una licencia comercial para su uso.

A continuación, se detalla el análisis realizado teniendo como base las premisas mencionadas, con los visores y sus propiedades más significativas.

4.4.1. Autodesk Viewer

Autodesk Viewer es un visor online para diseños en 2D y 3D perteneciente a la compañía Autodesk. Este software permite la visualización de todos los sistemas que contenga el modelo, a través de un enlace a una página web donde se encuentra alojado el visor. Esto supone una ventaja, al poder consultar el modelo a través de los dispositivos sin tener que instalar ninguna aplicación o descargar un programa.

Este programa permite la medición del modelo, hacer secciones, crear vistas, descomponer el modelo y hacer un recorrido en primera persona.



El principal inconveniente de este programa es que el administrador tiene que renovar el enlace cada 31 días. Aun así, su manejo es bastante intuitivo y no es necesario saber utilizar el programa al cien por cien.

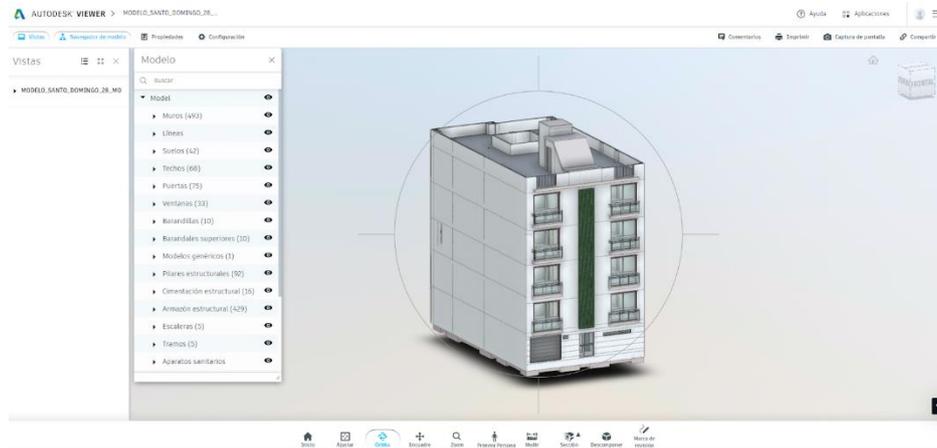


Figura 46: Modelo a través del visor Autodesk Viewer, vista en ordenador. Fuente:
Elaboración propia.



Figura 47: Modelo a través del visor Autodesk Viewer, vista en dispositivo móvil. Fuente:
Elaboración propia.



4.4.2. BIM Vision

BIM Vision es un software que pertenece a la empresa DataComp. Para su utilización se requiere descargar el programa de la página oficial e instalarlo en el ordenador en formato IFC.

Este software permite la visualización de los modelos cargados, hacer mediciones y secciones. Contando con el inconveniente de que solo puede visualizar hasta un máximo de dos sistemas al mismo tiempo. No cuenta con visor web ni aplicación para dispositivos móviles, además requiere conocimiento previo del programa para poder utilizarlo de forma correcta y ágil.

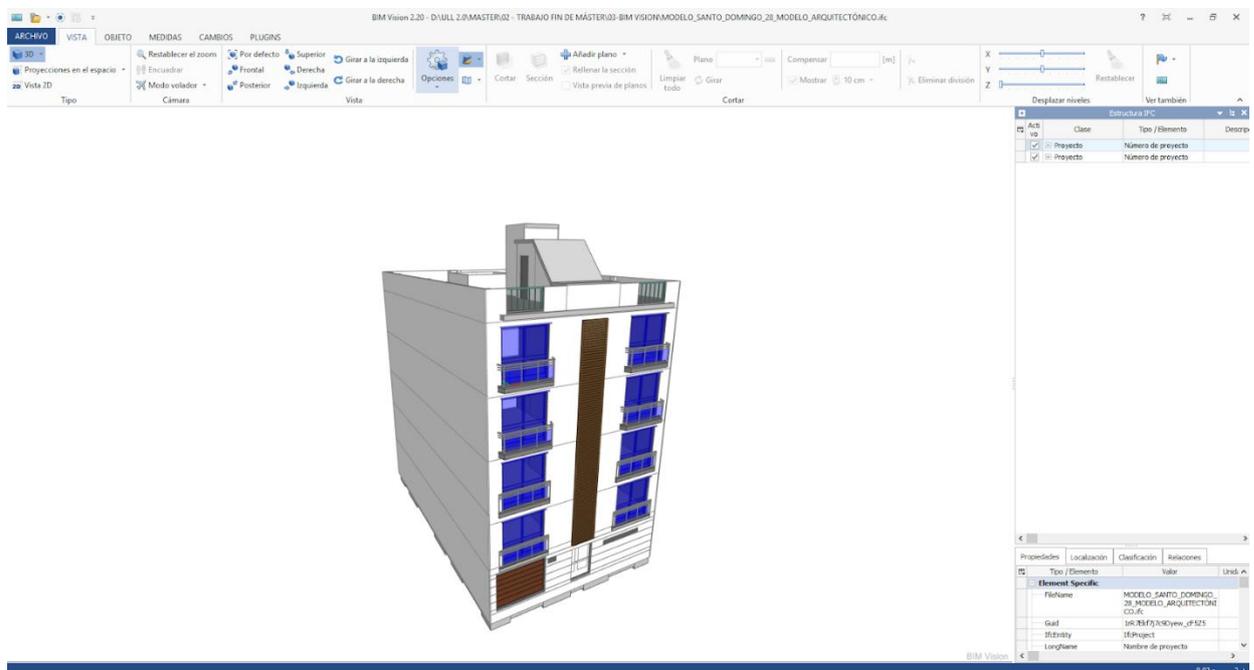


Figura 48: Modelo a través del visor BIM Vision, vista en ordenador. Fuente: Elaboración propia.

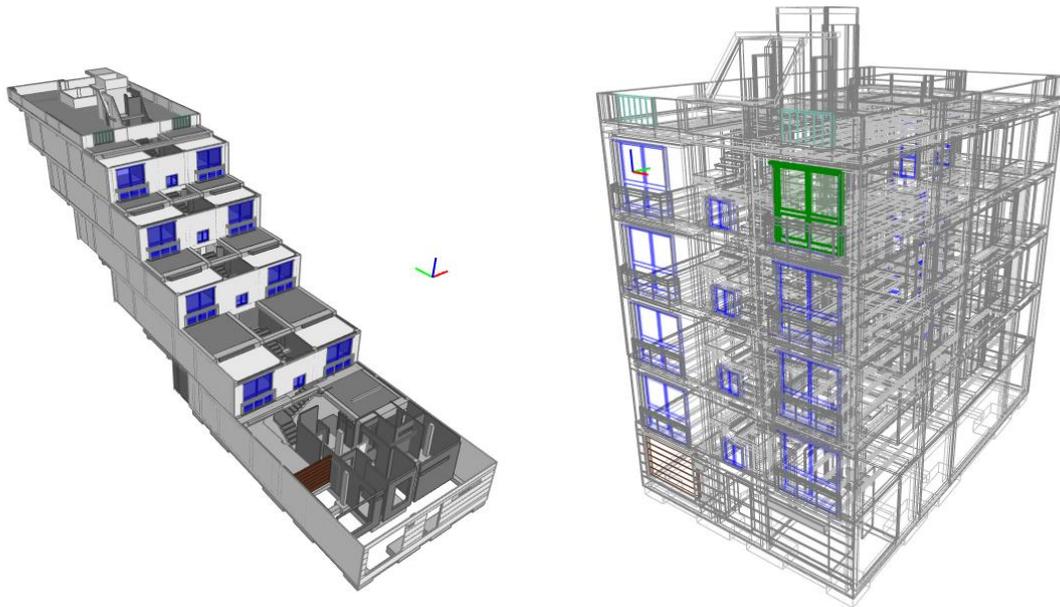


Figura 49: Modelo a través del visor BIM Vision, vista en ordenador. Fuente: Elaboración propia.

En el caso que nos compete, supone un inconveniente al no trabajar con la misma empresa que el programa con el que se ha modelado el proyecto y tener que exportar a formato IFC.

4.4.3. UsBIM de ACCA software

UsBIM es un software que se adquiere de manera gratuita en la página web de la empresa ACCA Software. Para la visualización de los modelos se requiere la instalación previa del software en el ordenador y posteriormente cargar los modelos en formato IFC.

El programa UsBIM permite visualizar modelos IFC, hacer mediciones, secciones y cambiar el aspecto y la transparencia del modelo.

A diferencia de los programas anteriormente nombrados, este no es tan intuitivo y requiere un mayor grado de experiencia con el programa para poder sacar todo el partido de él. Otro de los inconvenientes es que no dispone de visor web ni de aplicación para dispositivos móviles.

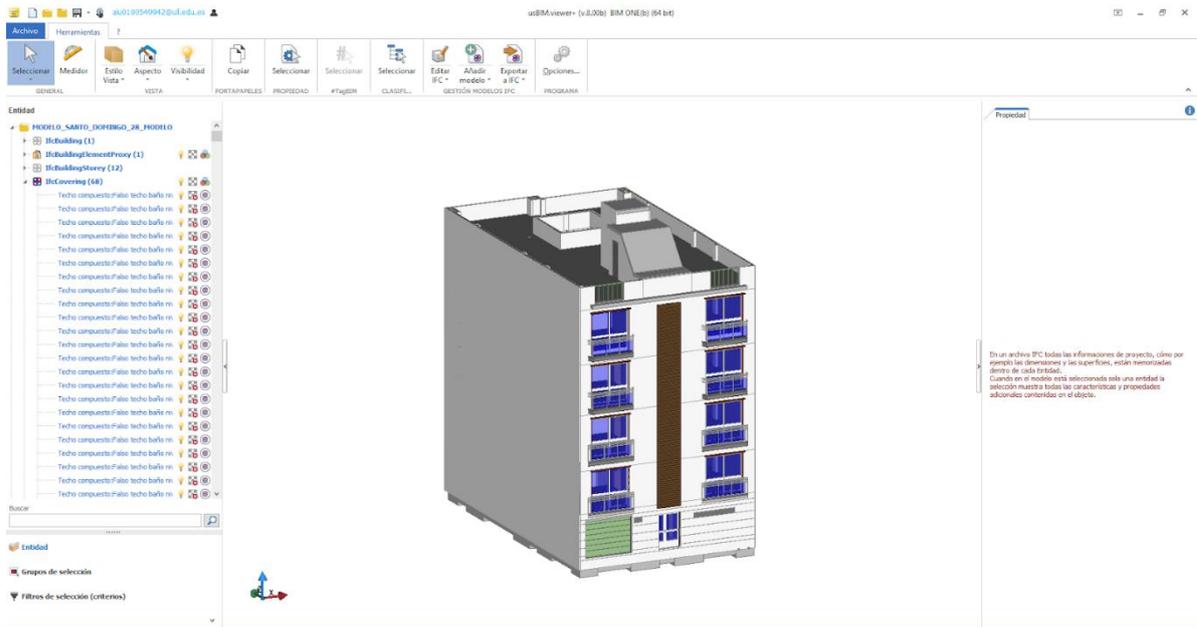


Figura 50: Modelo a través del visor UsBIM, vista en ordenador. Fuente: Elaboración propia.

4.4.4. Tabla comparativa

Después del análisis de los distintos visores, sus ventajas y limitaciones para cumplir con los objetivos anteriormente expuestos, se procede a compararlos entre sí. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los distintos visores analizados:

	Autodesk Viewer	BIM Vision	Us BIM Viewer
<i>¿Tiene aplicación móvil?</i>	Sí	No	No
<i>¿Tiene Visor web?</i>	Sí	No	No
<i>¿Permite cargar otros archivos al mismo tiempo?</i>	Sí	Solo dos	Sí
<i>¿Se instala en el ordenador?</i>	No	Sí	Sí
<i>Nivel de conocimiento del programa</i>	Muy Bajo	Bajo	Medio
<i>Formato de archivo que puede leer</i>	RVT/IFC	IFC	IFC

Tabla 4: Comparativa de visores



A pesar de que existen más visores en el mercado, se ha limitado la búsqueda de los programas estableciendo las premisas anteriormente mencionadas. Se han encontrado más visores que se citan a continuación, pero se han descartado al no cumplir con los objetivos requeridos.

- BIMx. Desarrollado por la empresa Graphisoft.
- DALUX.
- Solibri Model Viewer.
- Autodesk A360.
- Navisworks.



5. Resultados

Al inicio de este Trabajo de Fin de Máster se constituyen una serie de objetivos y usos que se buscan conseguir con el uso de la metodología BIM. Una vez finalizadas todas las fases definidas (Reunión inicial y pautas, modelado del proyecto, detección de errores y revisión del proyecto y el análisis de la interoperabilidad entre programas BIM) se procede a realizar el análisis de los resultados.

Se entiende como resultados no solo el proyecto totalmente modelado con los tres sistemas finales integrados, sino también la resolución de los problemas encontrados y la elección del visor adecuado para el cliente

5.1. Resolución de problemas

Una vez resuelto el modelado del proyecto propuesto de un Edificio de Viviendas se llega a la conclusión de que el número de cambios realizados por la empresa colaboradora y la resolución de los errores que nos ha permitido detectar la realización del modelo demuestran que la utilización de la metodología BIM supone una gran ayuda para la empresa.

Esto ha permitido que en la fase de diseño se encuentren las incoherencias y los errores que puedan haber surgido en la fase de ejecución, y se hayan podido solventar antes de que se iniciaran las obras. Con la resolución de los problemas en esta fase del proceso constructivo, se consigue ahorro de tiempo y dinero, al no tener que paralizar la ejecución y solucionarlos durante el desarrollo de la obra.

Además, el modelo BIM ha permitido que, cuando se detectan problemas se puedan plantear varias soluciones de forma rápida y realizar una toma de decisiones óptima y con la comprobación sobre el propio modelo de pre-construcción.

5.2. Integración de sistemas del modelo acabado

Para modelar el proyecto propuesto se ha decidido separar el modelo en tres submodelos atendiendo a su área de trabajo o disciplina. Estos son el Sistema Estructural, Sistema Arquitectónico y Sistema de Instalaciones. A la hora de llevar a cabo la realización del modelado se ha podido comprobar que los tres sistemas se integran perfectamente entre sí, tras seguir las pautas establecidas de modelado.



El hecho de poder ver simultáneamente los tres submodelos o gestionar los sistemas que se necesiten visualizar en ese momento, ha supuesto de gran ayuda para la empresa constructora. Esto implica poder consultar en cualquier momento las secciones necesarias, o como se afectan los sistemas entre sí.



Figura 51: Modelo a través del visor Autodesk Viewer. Fuente: Elaboración propia.

A la hora de resolver los conflictos que han surgido, esta integración entre varios submodelos ha sido imprescindible para poder detectarlos y posteriormente, solucionarlos. Gracias a combinaciones como “Sistema estructural – Sistema de instalaciones” se han podido reubicar viguetas en los forjados que de otra forma interferirían con las bajantes de saneamiento, o realizar el plano de huecos que solicita la empresa constructora para dejar planteados en los forjados antes de hormigonar y que a posteriori no sea necesario romper lo que ya está edificado. Además, se puede consultar en cualquier momento el aspecto final de la edificación de cara a la promoción y venta de las viviendas que lo componen, o la elección de los acabados.

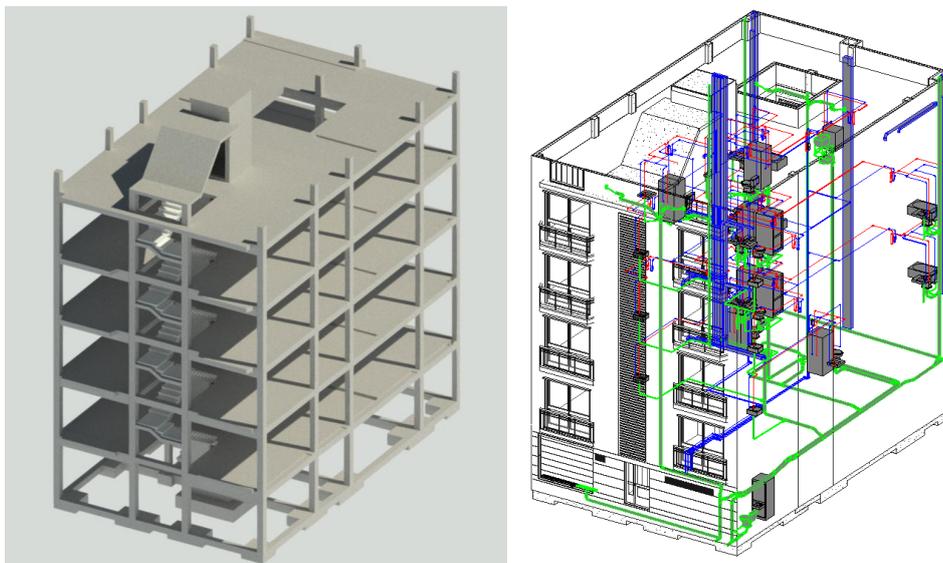


Figura 52: Sistema Estructural, Sistema de Instalaciones, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.



Figura 53: Sistema Arquitectónico, modelado en BIM. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Elección del visor

Otro de los objetivos propuestos para realizar en este Trabajo de Fin de Máster era la búsqueda de un visor adecuado para poder visualizar los modelos con facilidad y que no implique una formación previa en la metodología BIM. Se requería de un programa que permita hacer consultas de una manera fácil y rápida, sin tener que instalar un software en el ordenador y aprender a utilizarlo en el caso de Autodesk Revit, o una aplicación en los dispositivos móviles.

Se ha decidido utilizar la herramienta de visualización previamente analizada Autodesk Viewer, ya que aporta todo aquello que se estaba buscando y con una integración adecuada con las posibles actualizaciones y modificaciones del proyecto. Se trata de un programa muy intuitivo, fácil de utilizar y se puede consultar en cualquier dispositivo a través de un enlace web.



Figura 54: Modelo a través del visor Autodesk Viewer, vista en ordenador. Fuente: Elaboración propia.



6. Conclusiones

Podemos comprobar a través de este Trabajo de Fin de Máster mediante el estudio teórico que se ha realizado, que los objetivos establecidos al comienzo de este se han cumplido en cuanto a la detección de errores en el proyecto en fases tempranas del proceso constructivo.

A medida que se va realizando el modelado en 3D, se pueden ir consultando las posibles interferencias que se van produciendo entre los tres Sistemas en los que se ha dividido el proyecto atendiendo a sus disciplinas y solucionarlas al momento, como si se estuviera ejecutando el proyecto de forma real. Esto permite, también, que personas que no están habituadas a trabajar con este tipo de programas o con planos, puedan visualizar y entender el proyecto de una forma sencilla y comprensible. Todo esto da lugar a que se genere una mayor confianza entre el modelador y el cliente o la empresa y el cliente.

Los softwares basados en metodologías BIM suponen un gran ahorro de tiempo y esfuerzo, principalmente cuando es necesario obtener información a través de ellos. La capacidad de poder extraer planos ya acotados, secciones, tablas de zonificación e inventario de elementos, suponen un gran avance con respecto a competidores que usan métodos tradicionales estándar.

En contrapartida hay que añadir que el uso de esta metodología requiere de una formación previa por parte del modelador, además de una formación más específica para cada tipo de sistema planteado: no bastan con solo los conocimientos obtenidos a nivel de titulación o experiencia profesional. Además de lo citado anteriormente, se requiere de una correcta planificación y comunicación para poder unificar criterios de modelado y normas entre trabajadores.

Es por todo esto, por lo que, para elaborar el sistema de instalaciones, tanto de fontanería como de saneamiento, se ha necesitado la realización de un curso previo de formación para poder tener nociones básicas de modelado. La complejidad de estos sistemas radica en que los modelos, además de tener un aspecto visual muy preciso, están conectados entre sí, pudiéndose así calcular caudales o errores en el enrutamiento.

Después de comprobar de primera mano todos los beneficios que puede aportar la metodología BIM, se puede llegar a la conclusión de que aportará un gran beneficio y avance en el mundo de la construcción. Al tratarse de un sector muy estable y con cierta dificultad de renovación, los profesionales implicados tendrán que hacer un esfuerzo extra para poder integrar e implementar estas nuevas tecnologías a su actual forma de trabajo.



7. Líneas de trabajo futuro

Este trabajo se puede ampliar haciendo un estudio combinando el modelado que se ha realizado en el programa Autodesk Revit con la exportación a Autodesk Navisworks Manage. Este programa es un potente integrador de modelos para coordinar proyectos, facilitando las visualizaciones en tiempo real y revisión del proyecto conjunto para todas las partes y mejorar la comunicación y colaboración.

De esta manera se permitiría un estudio más exhaustivo del modelo y los tres sistemas que lo integran, ya que mediante el programa Navisworks Manage se podría hacer una simulación que enfrentará los sistemas para ver exactamente dónde se producen colisiones. Para este trabajo este estudio se ha realizado de manera manual y ha permitido resolver las interferencias, por ejemplo, entre tuberías y vigas y resolverlos, sin embargo, con este programa se podría facilitar el trabajo.

Asimismo, se puede hacer una identificación más detallada de cada uno de los elementos que se han modelado, además de hacer anotaciones en el modelo y mejorar la comunicación entre los modeladores. En cuanto a los sistemas instalaciones relativos a fontanería y saneamiento se puede extraer una tabla de planificación de todos los aparatos sanitarios con sus cálculos de caudales para posteriormente comprobar estos resultados con un programa específico de cálculo de instalaciones.

Siguiendo con esta línea de trabajo se plantea abarcar el estudio de otros softwares para la visualización de modelos exportados en formato IFC, como por el ejemplo Solibri Model Viewer, Autodesk A360 o Dalux BIM, este último además dispone una aplicación para poder consultar a través de un móvil o una tablet. Se puede realizar una tabla comparativa en la que se representan las ventajas y limitaciones de estos programas con los ya analizados previamente y plantear en qué casos son adecuados para el usuario.

Para finalizar el estudio por completo de los objetivos planteados, se puede complementar la resolución de los conflictos en la fase de diseño con el análisis durante la ejecución de las obras y una vez esta haya finalizado. Se pretende comprobar que, efectivamente, en el estudio previo a la construcción se corrigieron todos los errores detectados, si se detectaron otros durante la ejecución de la construcción que no se habían detectado en la fase de diseño y una vez finalizada, para llevar todos estos datos nuevos a un modelo final.



8. Bibliografía

- 3D-4D Building Information Modeling | GSA. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling>
- Ana, E., Hardisson, M., Javier, C. F., Pérez, J., & Gutiérrez, L. E. H. (2018). *Diseño y aplicación de un modelo difuso para el estudio de la estabilidad de taludes en terrenos volcánicos*. Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado. Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción. Universidad de La Laguna.
- Autodesk Viewer | Free Online File Viewer. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://viewer.autodesk.com/>
- BIM Vision - freeware IFC model viewer. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://bimvision.eu/es/strona-glowna-es/>
- Brugarolas, S. A. (2016). Trabajo de Fin de Grado. *Implementación de metodología BIM en el Project Management*. Universidad de Castilla - La Mancha.
- Calcagno, F. (Enero de 2018). Miller & Co. Obtenido de <https://millerco.com.ar/jornada-bim-millerco-gobierno-de-espana-ministerio-de-defensa-inta-instituto-nacional-de-tecnica-aeroespacial/>
- Construmatica (s. f.) Recuperado 29 de junio de 2019, de https://www.construmatica.com/construpedia/Proceso_Construtivo_en_la_Cooperaci%C3%B3n_para_el_Desarrollo
- De, J., & Cantero, T. (2018). *Regeneración y Renovación Urbana. Caso de estudio El Cardonal*. Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción. Universidad de La Laguna.
- Description of 2007 Microsoft Office Suite Service Pack 2 (SP2)*. (s. f.). Microsoft. Recuperado 29 de junio de 2019 de <http://support.microsoft.com/kb/953195>
- Document management – Portable document format – Part 1: PDF 1.7 (PDF 32000-1:2008)*. (s. f.). Adobe Systems Incorporated. Recuperado 29 de junio de 2019 de http://www.adobe.com/content/dam/Adobe/en/devnet/acrobat/pdfs/PDF32000_2008.pdf
- Frequently Asked Questions About the National BIM Standard-United States™ | National BIM Standard - United States. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://www.nationalbimstandard.org/faqs#faq1>
- Gea Martínez, L. (Septiembre de 2016). Trabajo de Fin de Máster. *Gestión de la Prevención en la Construcción con Herramientas BIM. Ejemplo de Aplicación en la construcción de una vivienda Trifamiliar*. Universidad Miguel Hernández de Elche.



Inicio de A360. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://a360.autodesk.com/>

Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña. Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://itec.es/servicios/bim/>

Iv, E. G., Mart, N., & Co-tutor, D. (2018). *Estudio y aplicación de sistemas pasivos para mejorar la envolvente del Centro Municipal Tena Artigas. Integración en un modelo BIM*. Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción. Universidad de La Laguna.

Jes, E. A., Hern, S., Mart, N. N., Co-tutor, D., Gonz, P., & Septiembre, C. A. (2018). *Modelado y Análisis de interoperabilidad en un entorno BIM para Ingeniería Civil. Caso de estudio: TF-293 con Calle Punta de Anaga*. Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado. Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción. Universidad de La Laguna.

Lu, W., Fung, A., Peng, Y., Liang, C., & Rowlinson, S. (2014). *Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves*. Building and Environment, *82*, 317-327.

Ministerio de Fomento, Gobierno de España. (2015) Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://www.fomento.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/2015/Julio/150714-01.htm>

Monfort, C., Tutor, P., & Vidal, F. J. (2014). *Impacto del BIM en la Gestión del Proyecto y la Obra de Arquitectura. Un Proyecto Con Revit*. Universidad Politécnica de Valencia.

Montesano Pérez, A. (2019). *Introducción a la Metodología BIM. Organización y digitalización de la información relativa a trabajos de edificación y de ingeniería civil*.

Moreno, D. B. (2018). *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM. Costos SAC*.

Piles Navarro, B. (2018). *Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de Arquitectura: un proyecto utilizando REVIT*. Universitat Politècnica de València.

Ramírez Castro, J. (2015). *Desarrollo de un Proyecto de Construcción con la tecnología BIM: Centro Multiusos de Lliria*. Universitat Politècnica de València.

La Vanguardia. (Mayo de 2019). Recuperado 29 de junio de 2019, de <https://www.lavanguardia.com/local/sevilla/20190506/462068123955/diputacion-aborda-la-implantacion-de-tecnologia-building-information-modeling-bim-en-la-construccion.html>

Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. *Automation in Construction*, *38*, 109-127.



9. Anexos

9.1. Modelo BIM



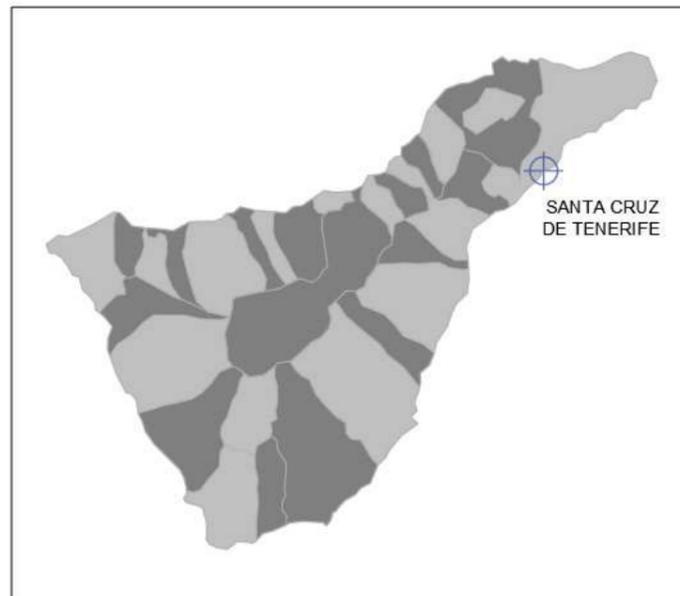
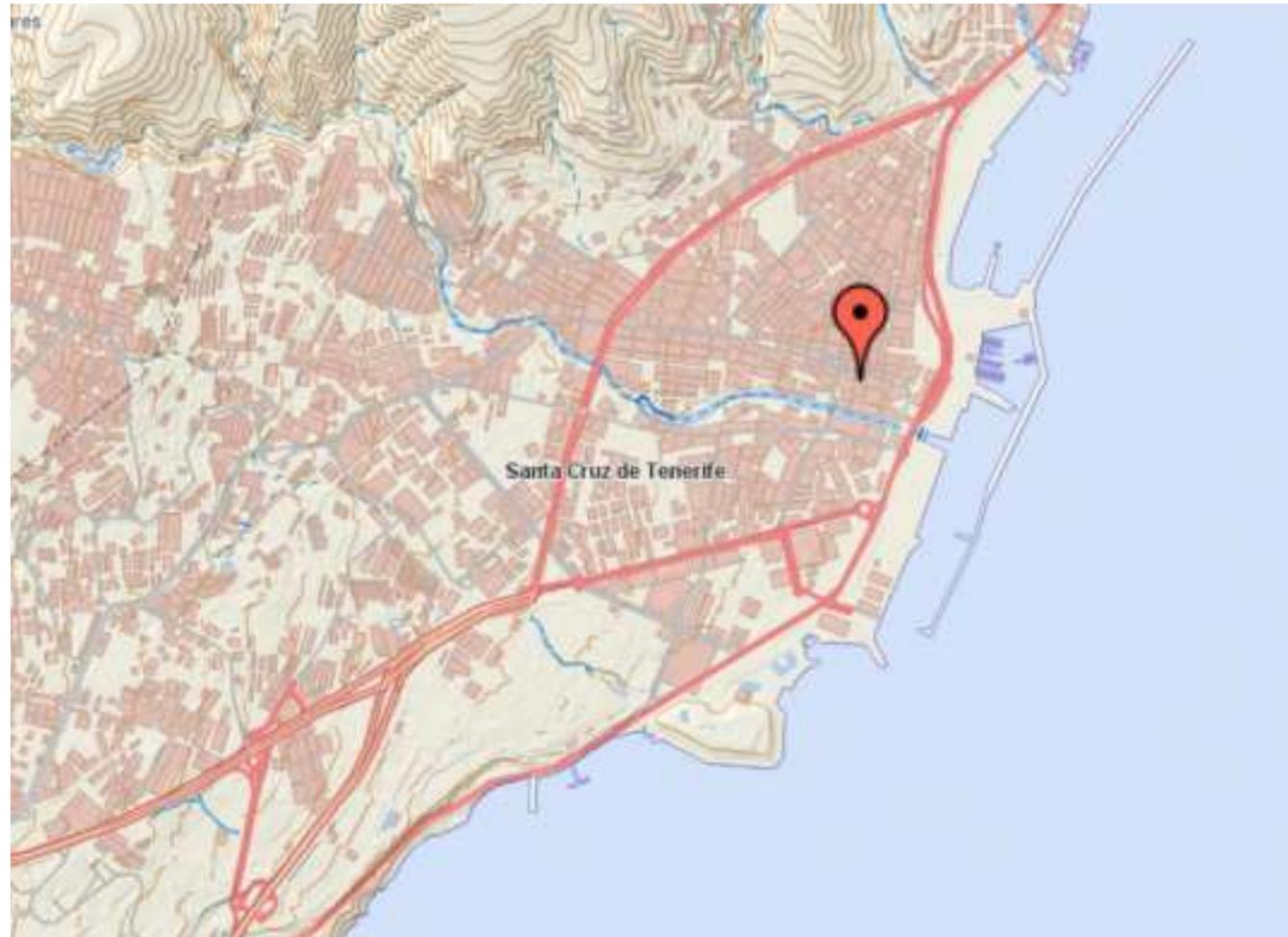
Figura 55: Modelo a través del visor Autodesk Viewer.

Fuente: Elaboración propia.



9.2. Documentación del Proyecto

SITUACIÓN



EMPLAZAMIENTO

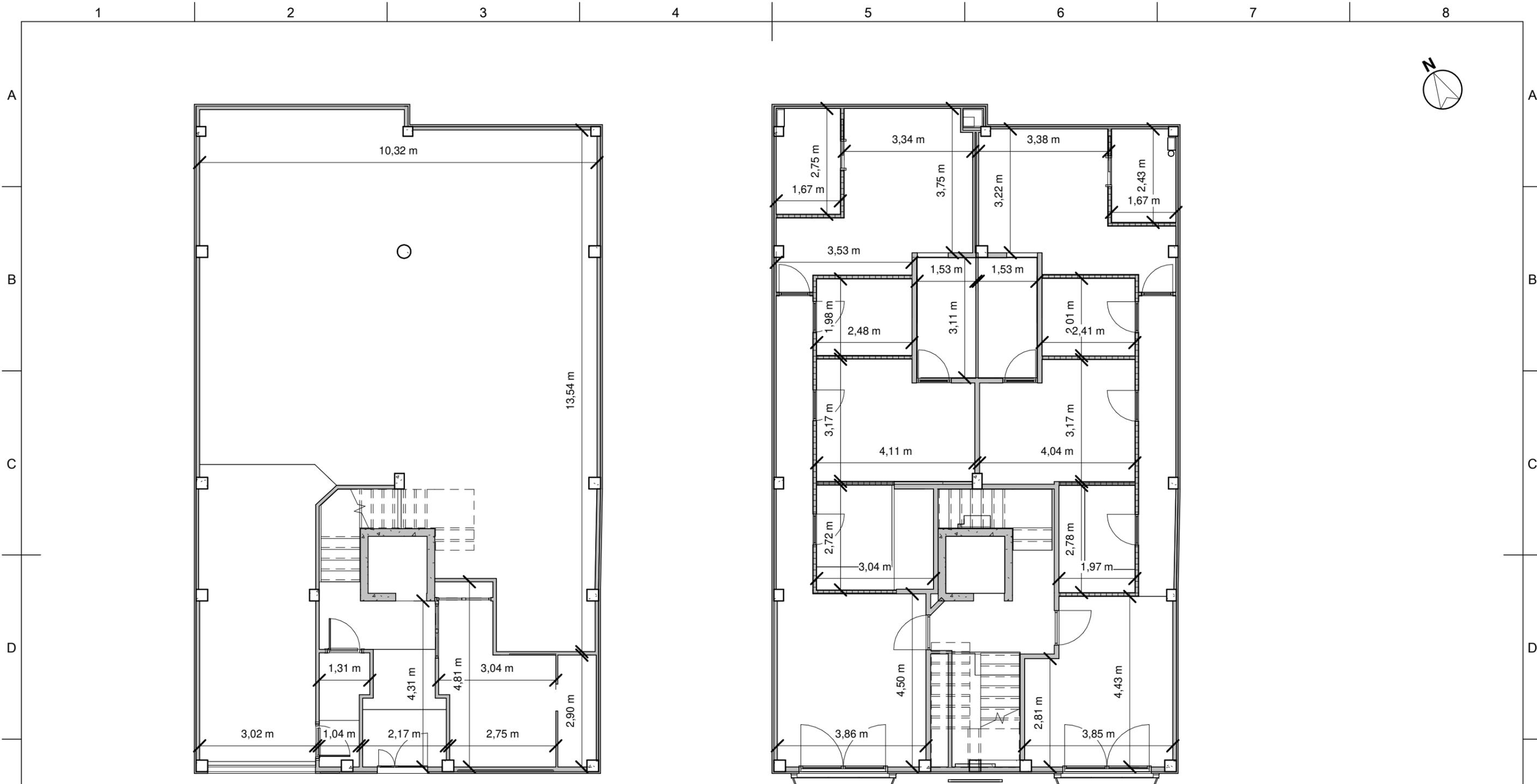


Escala 1:1000

Coordenadas WGS-84 en Parcela Santa Cruz

UTM X: 377.662,25 m Geo Lat: 28° 27' 56,24" N
 Y: 3.149.419,92 m Long: 16° 15' 00,06" W
 Z: 10,47 m

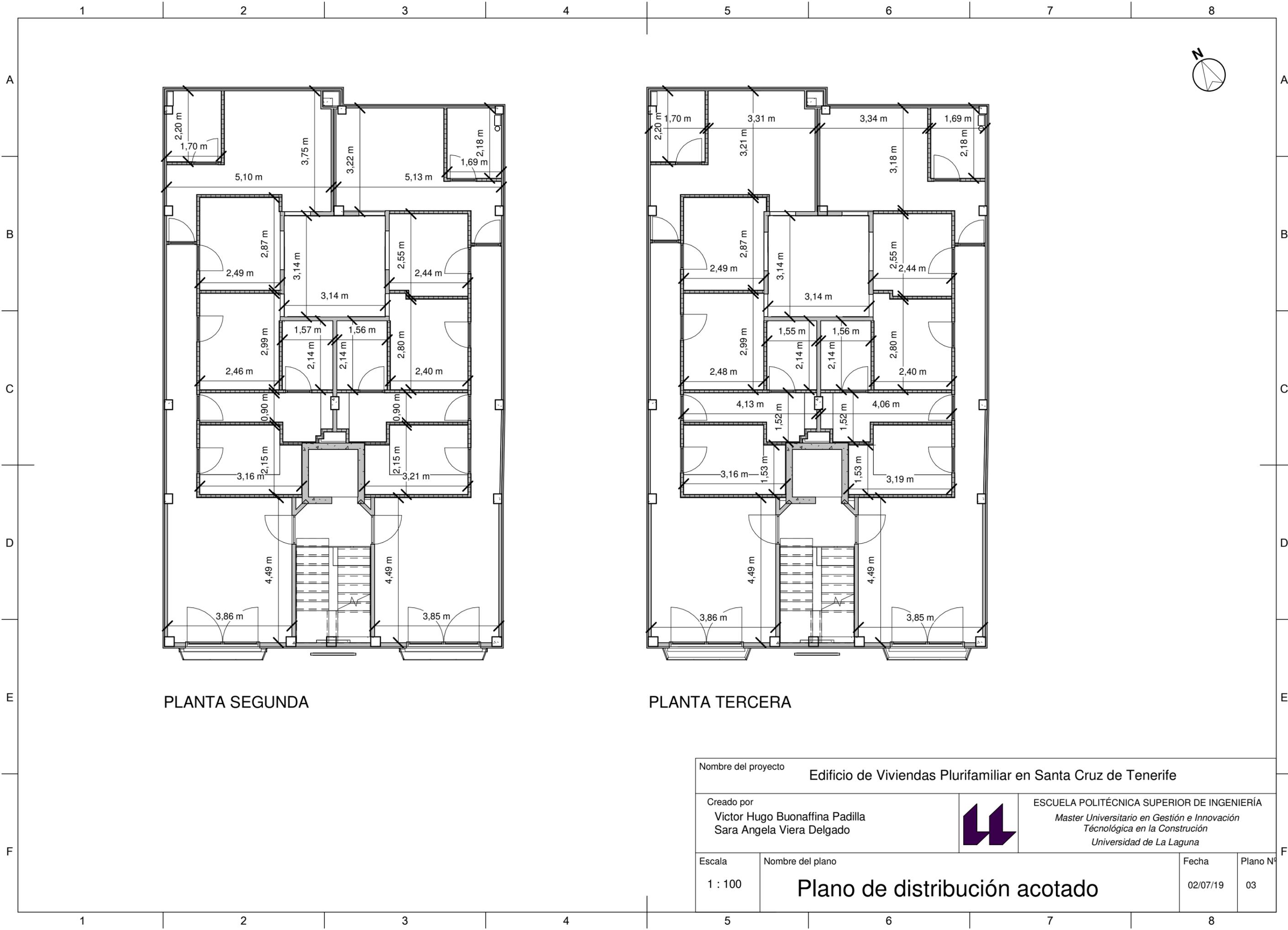
Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 1000	Situación y Emplazamiento	02/07/19	01



PLANTA SÓTANO

PLANTA PRIMERA

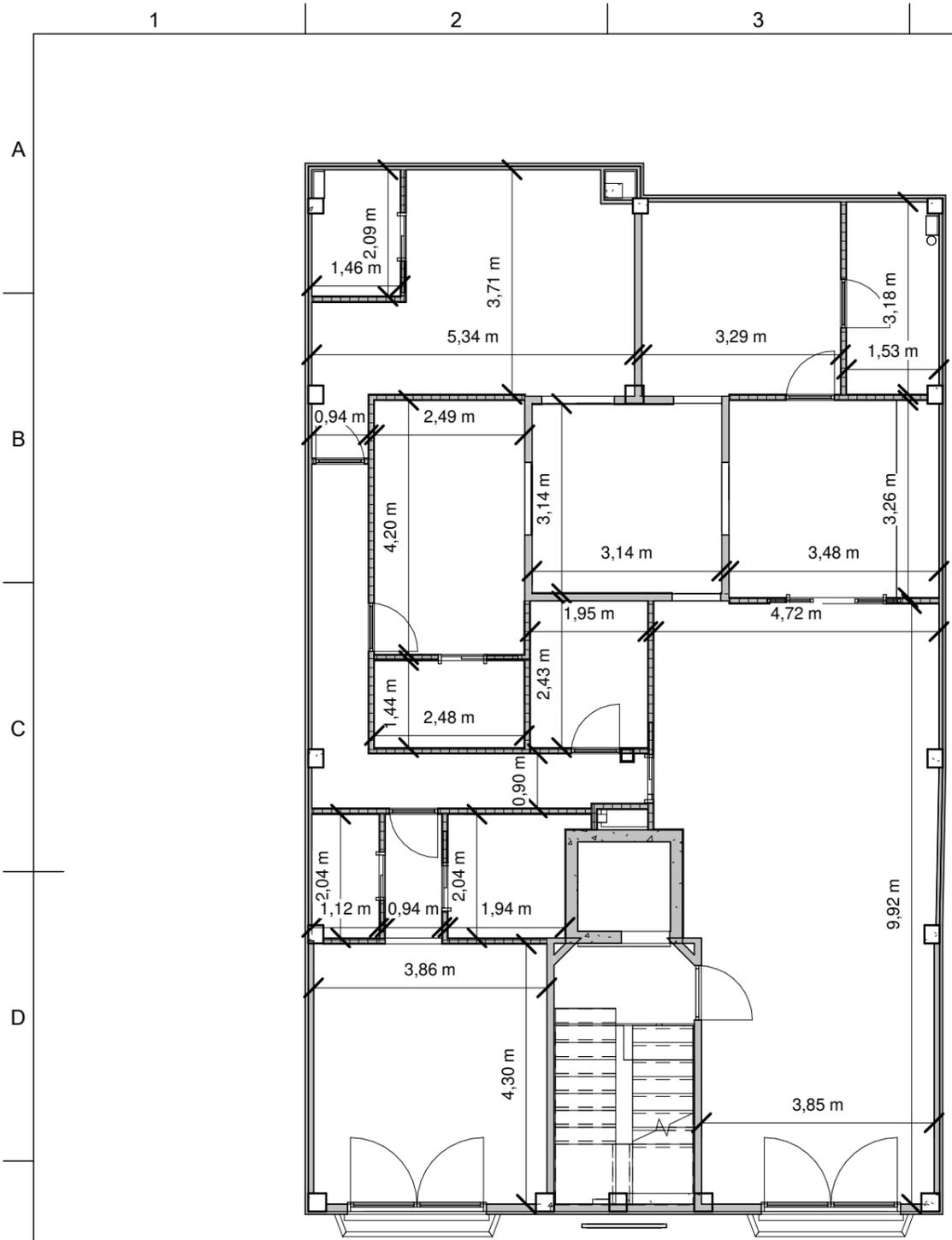
Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife			
Creado por		Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> Universidad de La Laguna	
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°		
1 : 100	Plano de distribución acotado	02/07/19	02		



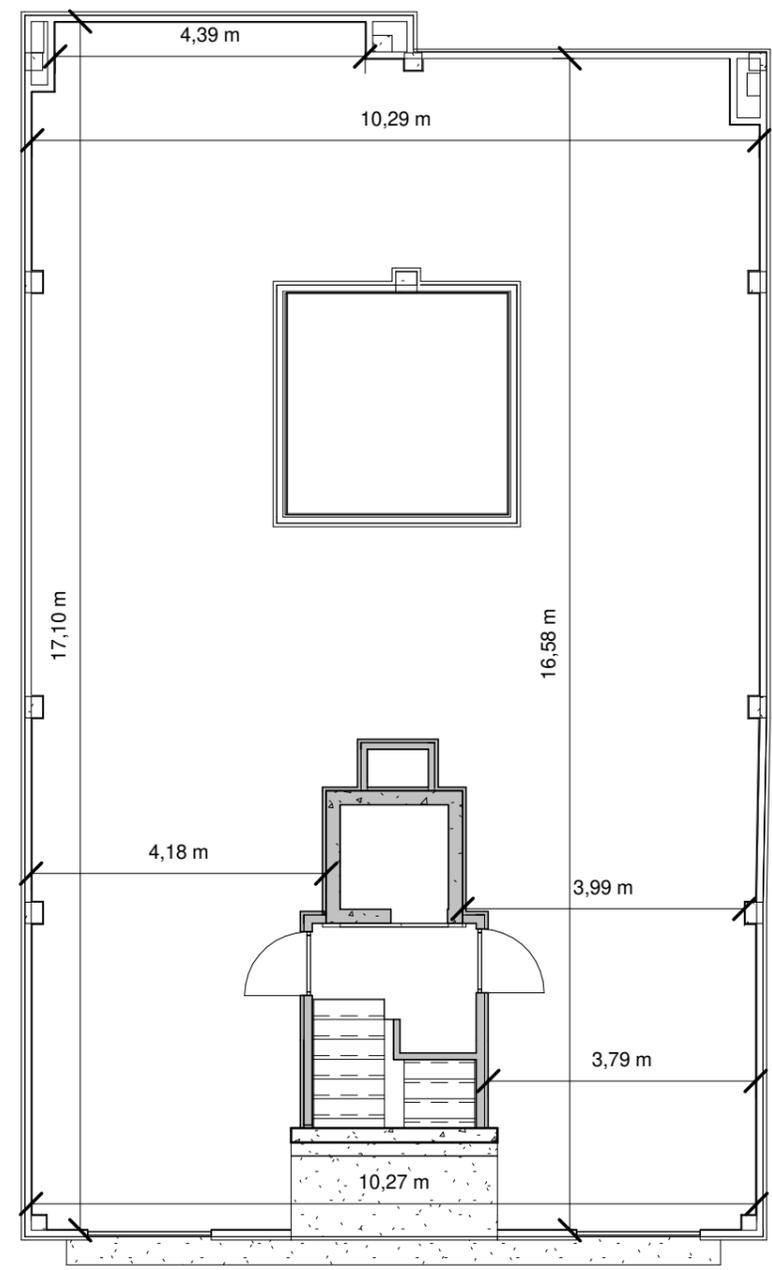
PLANTA SEGUNDA

PLANTA TERCERA

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> Universidad de La Laguna
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 100	Plano de distribución acotado	02/07/19	03

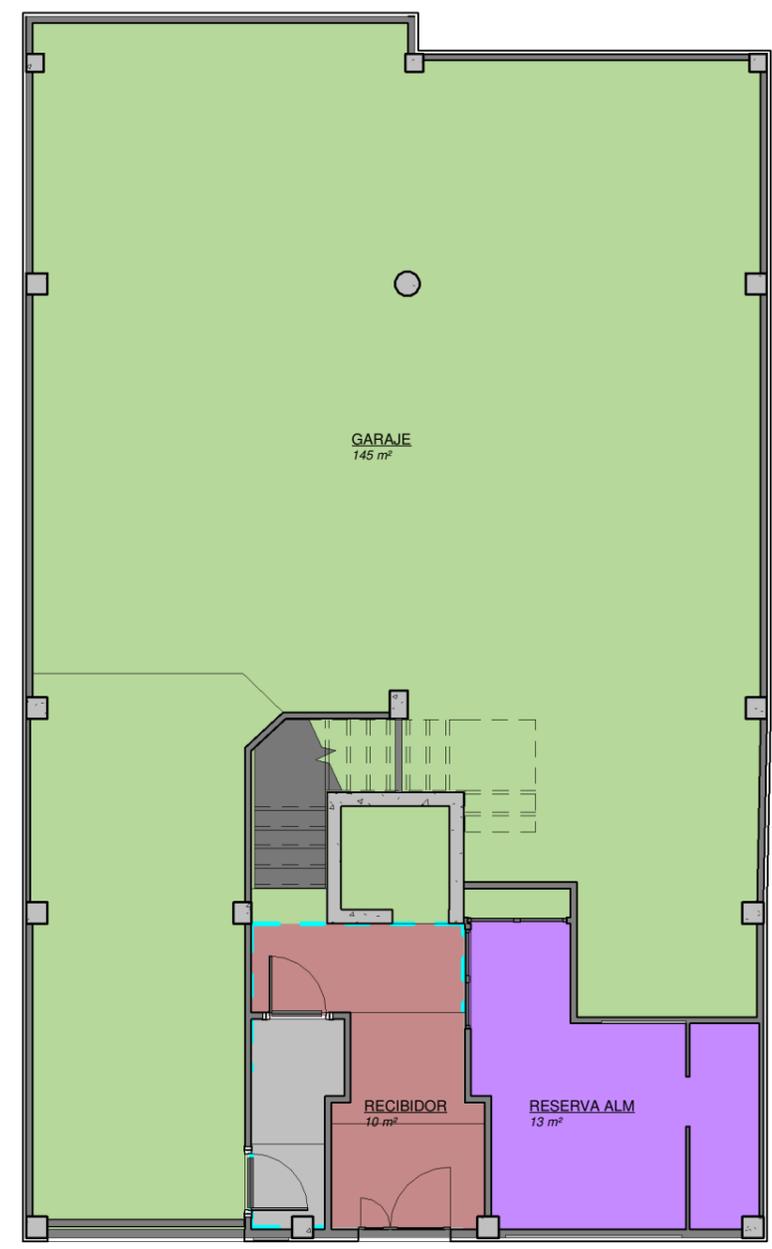
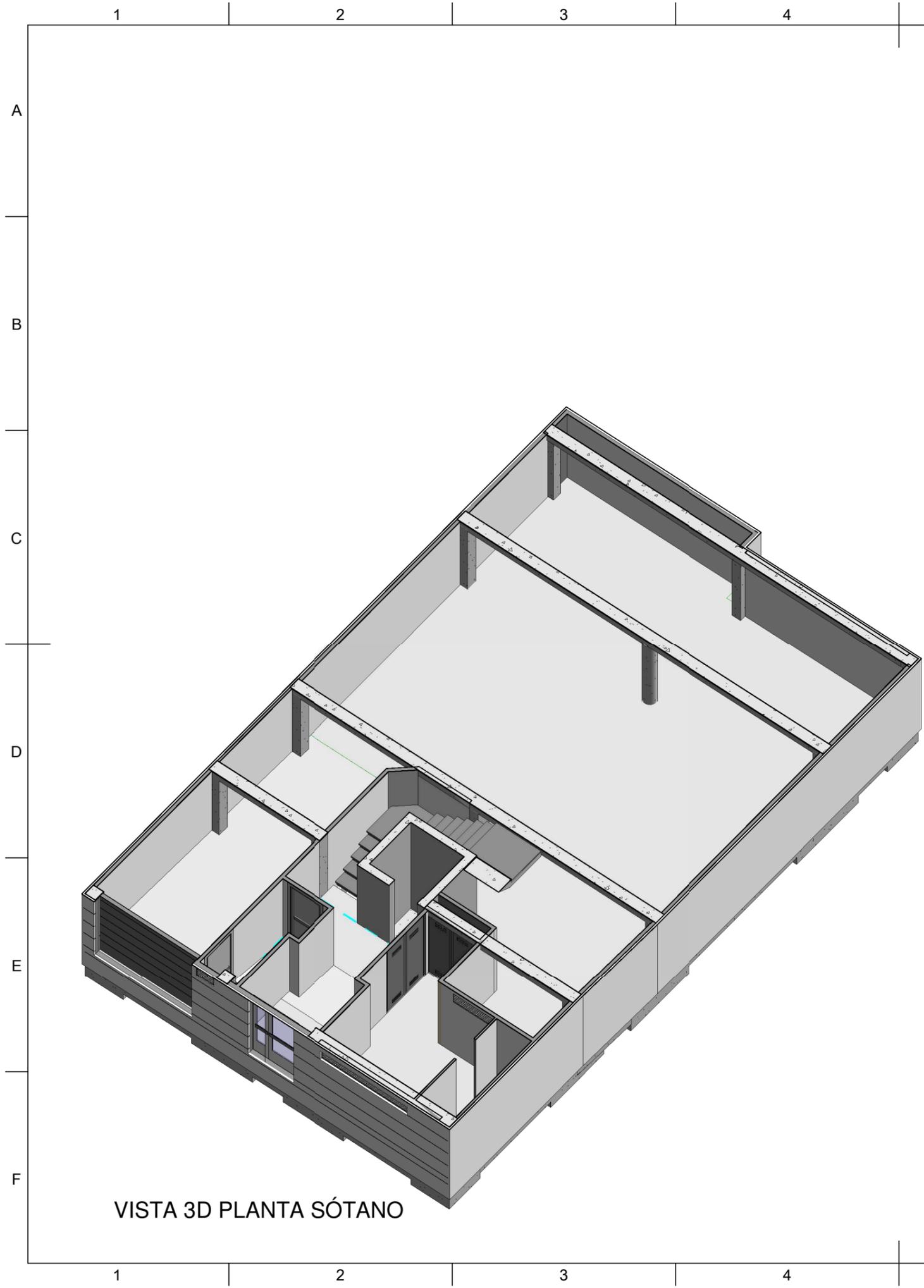


PLANTA CUARTA



PLANTA CUBIERTA

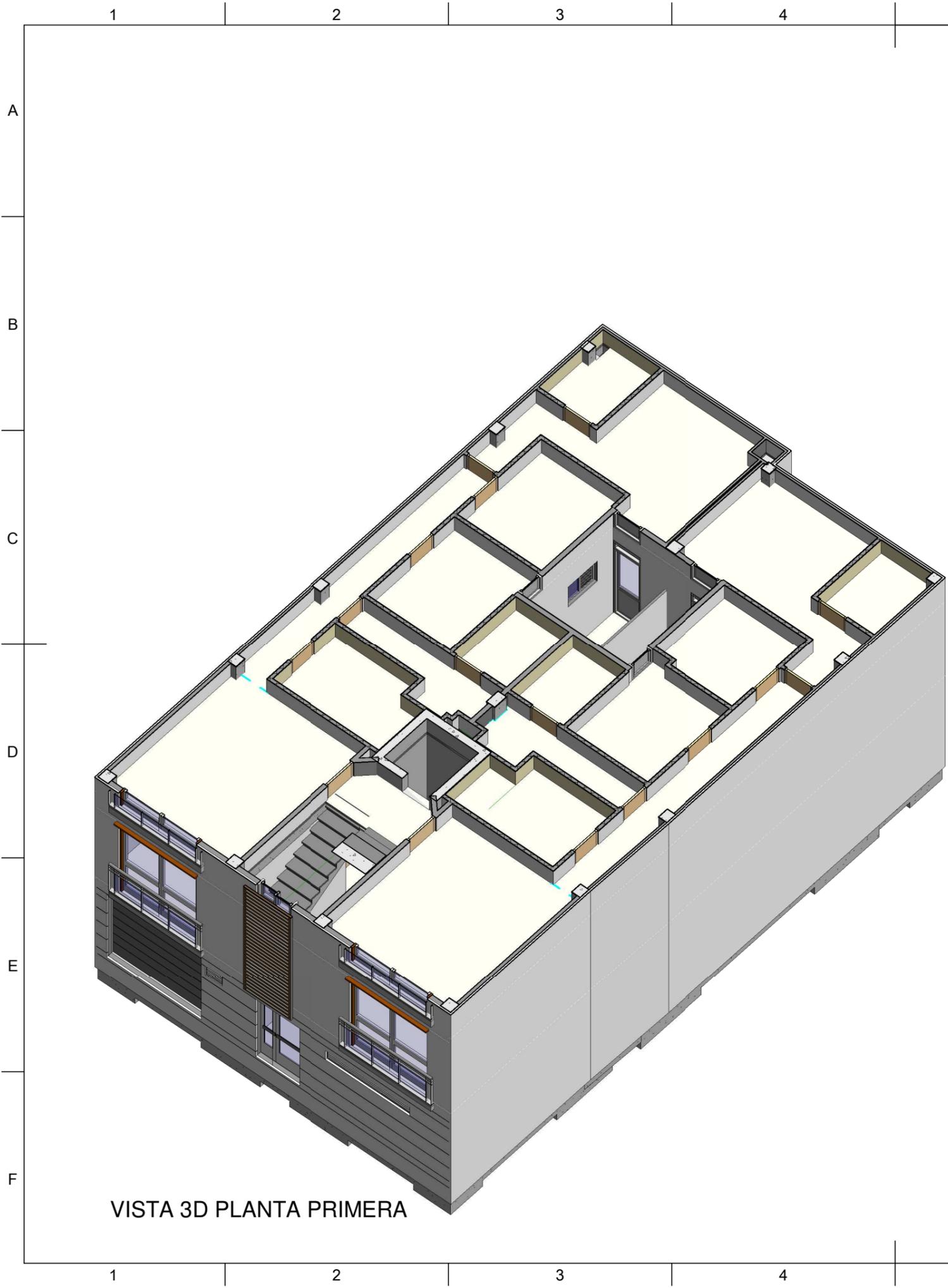
Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 100	Plano de distribución acotado	02/07/19	04



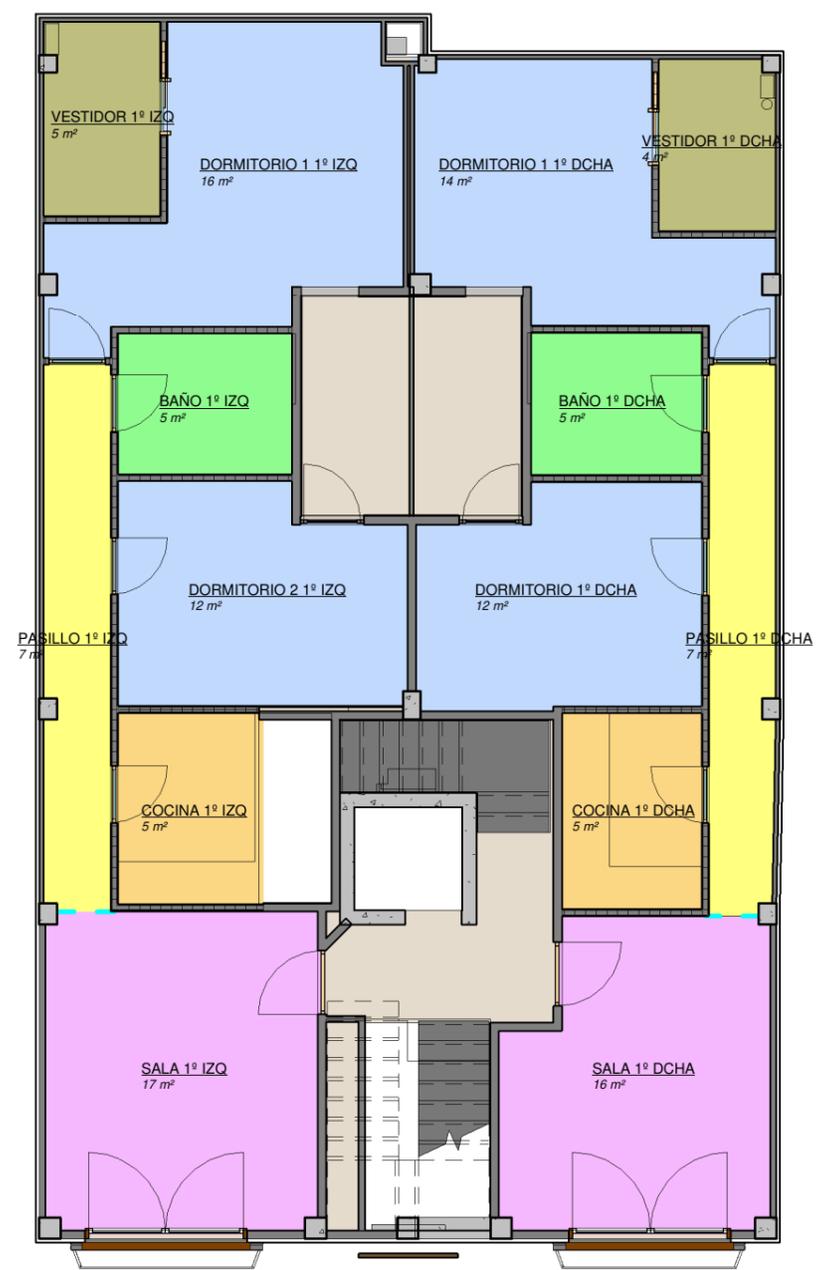
- GARAJE
- RECIBIDOR
- RESERVA ALM

PLANTA SÓTANO

Nombre del proyecto				Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife			
Creado por					ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA		
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado					Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna		
Escala	Nombre del plano			Fecha	Plano N°		
1 : 100	3D Planta Sótano			07/01/19	05		



VISTA 3D PLANTA PRIMERA



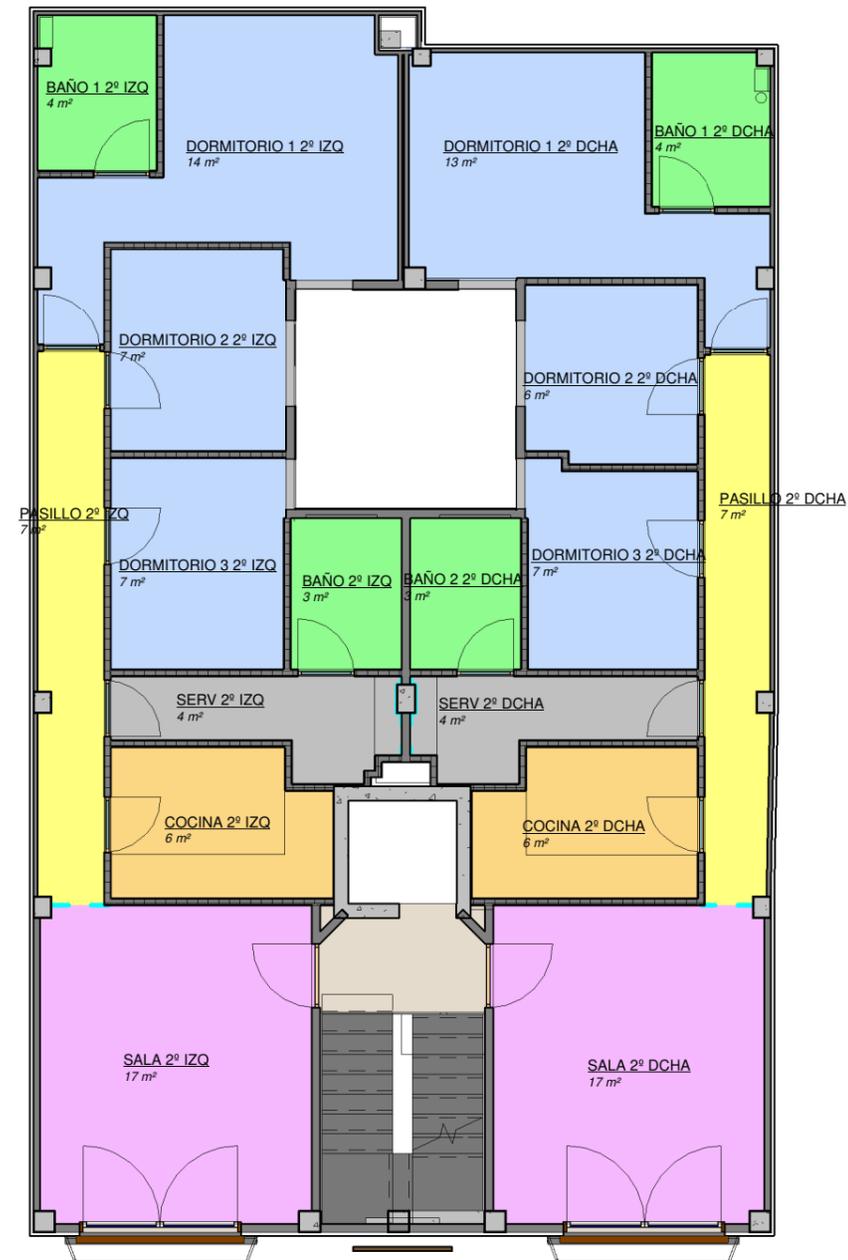
PLANTA PRIMERA

- BAÑO 1º DCHA
- BAÑO 1º IZQ
- COCINA 1º DCHA
- COCINA 1º IZQ
- DORMITORIO 1º DCHA
- DORMITORIO 1º IZQ
- DORMITORIO 1º DCHA
- DORMITORIO 2º IZQ
- PASILLO 1º DCHA
- PASILLO 1º IZQ
- SALA 1º DCHA
- SALA 1º IZQ
- VESTIDOR 1º DCHA
- VESTIDOR 1º IZQ

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife		
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna		
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado				
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº	
1 : 100	3D Planta Primera	02/07/19	06	



VISTA 3D PLANTA SEGUNDA



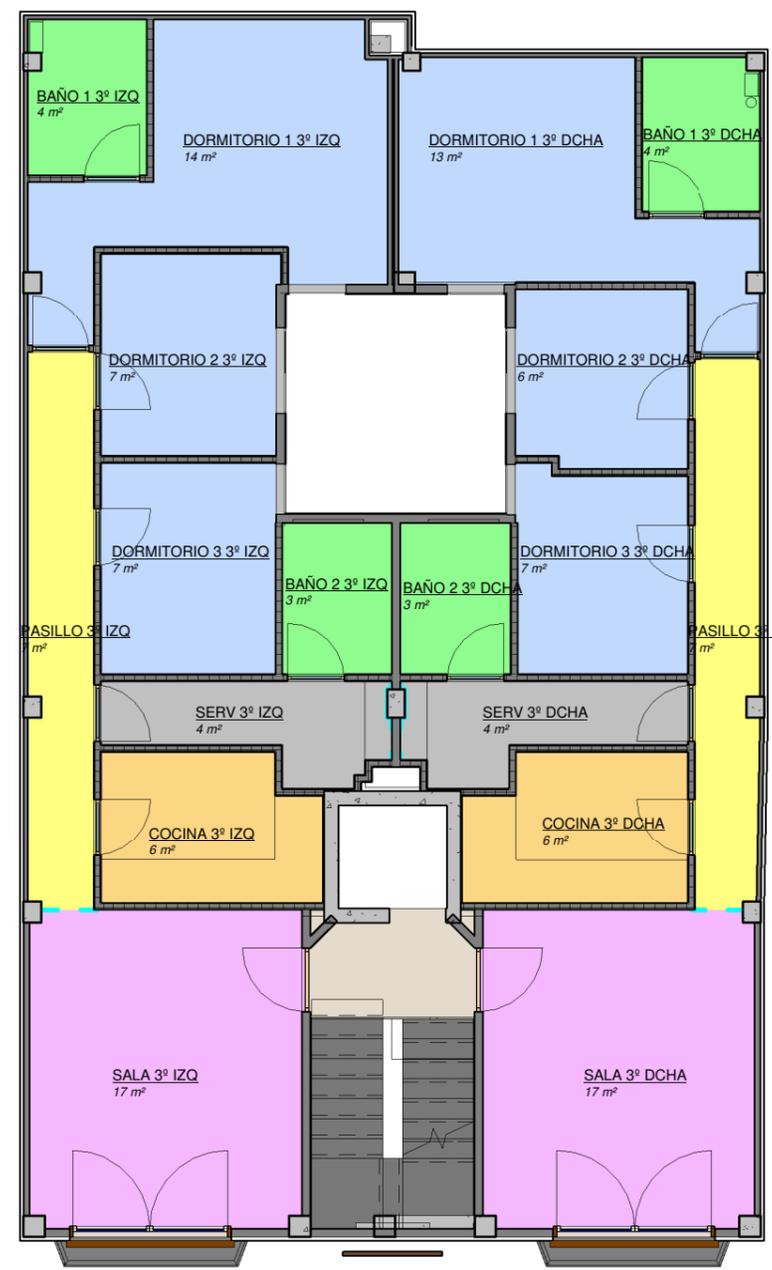
PLANTA SEGUNDA

- BAÑO 1 2º DCHA
- BAÑO 1 2º IZQ
- BAÑO 2 2º DCHA
- BAÑO 2 2º IZQ
- COCINA 2º DCHA
- COCINA 2º IZQ
- DORMITORIO 1 2º DCHA
- DORMITORIO 1 2º IZQ
- DORMITORIO 2 2º DCHA
- DORMITORIO 2 2º IZQ
- DORMITORIO 3 2º DCHA
- DORMITORIO 3 2º IZQ
- PASILLO 2º DCHA
- PASILLO 2º IZQ
- SALA 2º DCHA
- SALA 2º IZQ
- SERV 2º DCHA
- SERV 2º IZQ

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	3D Planta Segunda	02/07/19	07



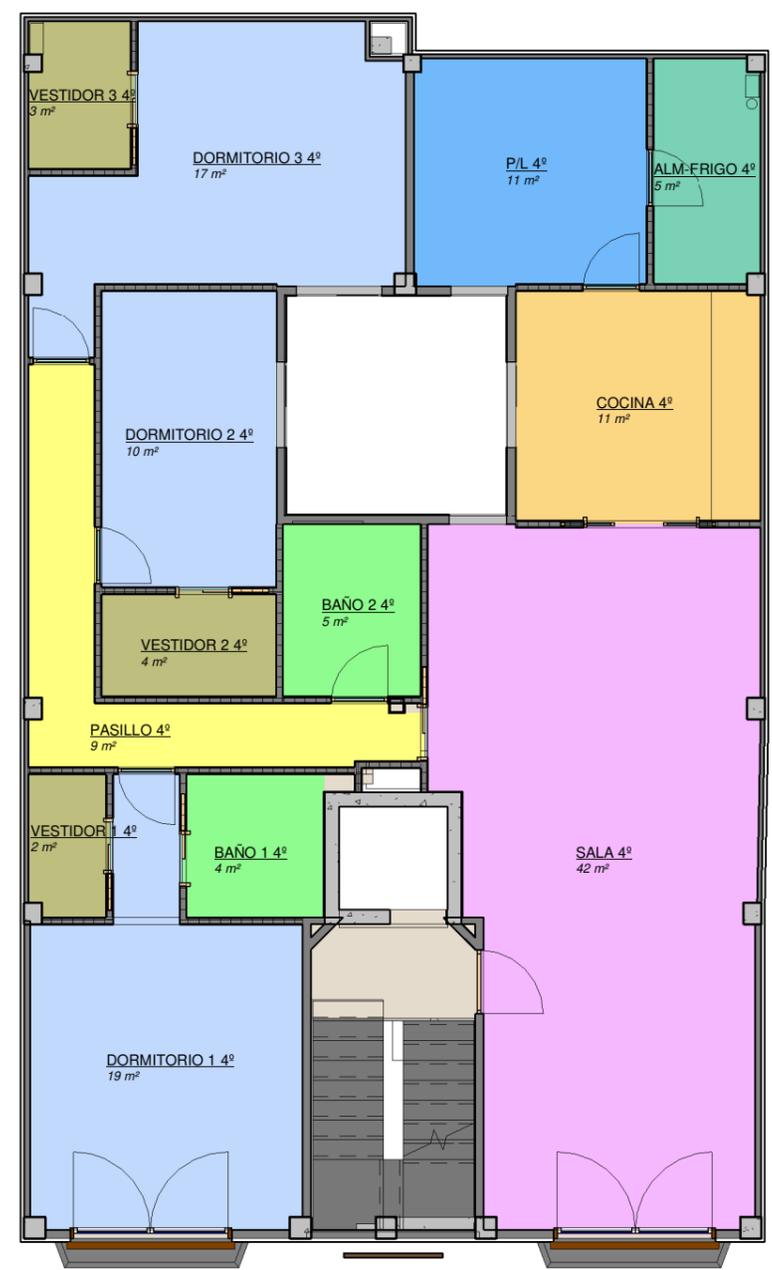
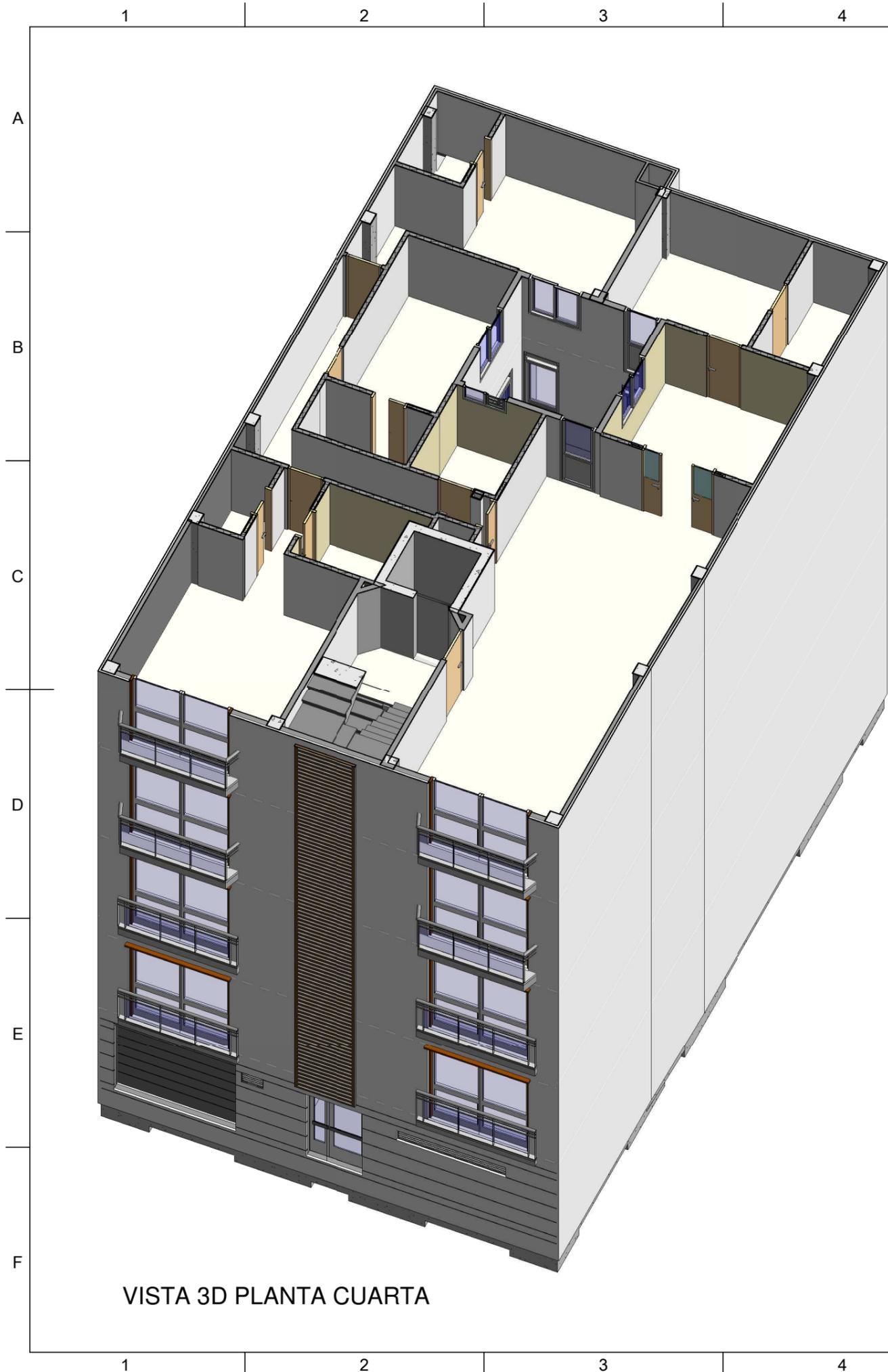
VISTA 3D PLANTA TERCERA



PLANTA TERCERA

- BAÑO 1 3º DCHA
- BAÑO 1 3º IZQ
- BAÑO 2 3º DCHA
- BAÑO 2 3º IZQ
- COCINA 3º DCHA
- COCINA 3º IZQ
- DORMITORIO 1 3º DCHA
- DORMITORIO 1 3º IZQ
- DORMITORIO 2 3º DCHA
- DORMITORIO 2 3º IZQ
- DORMITORIO 3 3º DCHA
- DORMITORIO 3 3º IZQ
- PASILLO 3º DCHA
- PASILLO 3º IZQ
- SALA 3º DCHA
- SALA 3º IZQ
- SERV 3º DCHA
- SERV 3º IZQ

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	3D Planta Tercera	02/07/19	08



- ALM-FRIGO 4º
- BAÑO 1 4º
- BAÑO 2 4º
- COCINA 4º
- DORMITORIO 1 4º
- DORMITORIO 2 4º
- DORMITORIO 3 4º
- P/L 4º
- PASILLO 4º
- SALA 4º
- VESTIDOR 1 4º
- VESTIDOR 2 4º
- VESTIDOR 3 4º

PLANTA CUARTA

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	3D Planta Cuarta	02/07/19	09



Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife			
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>		
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			Escala	Nombre del plano	Fecha
			Vistas 3D General	02/07/19	10

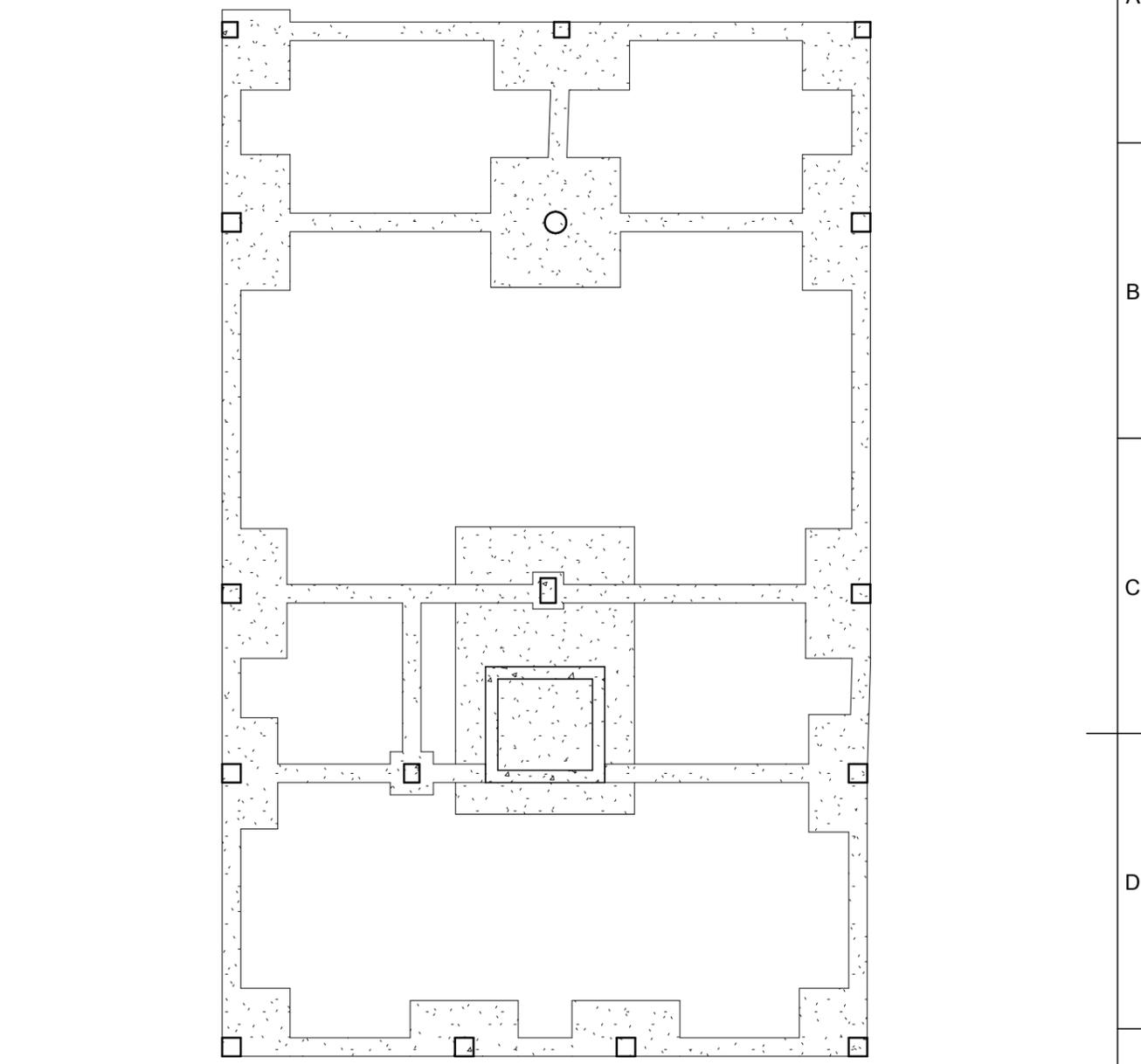
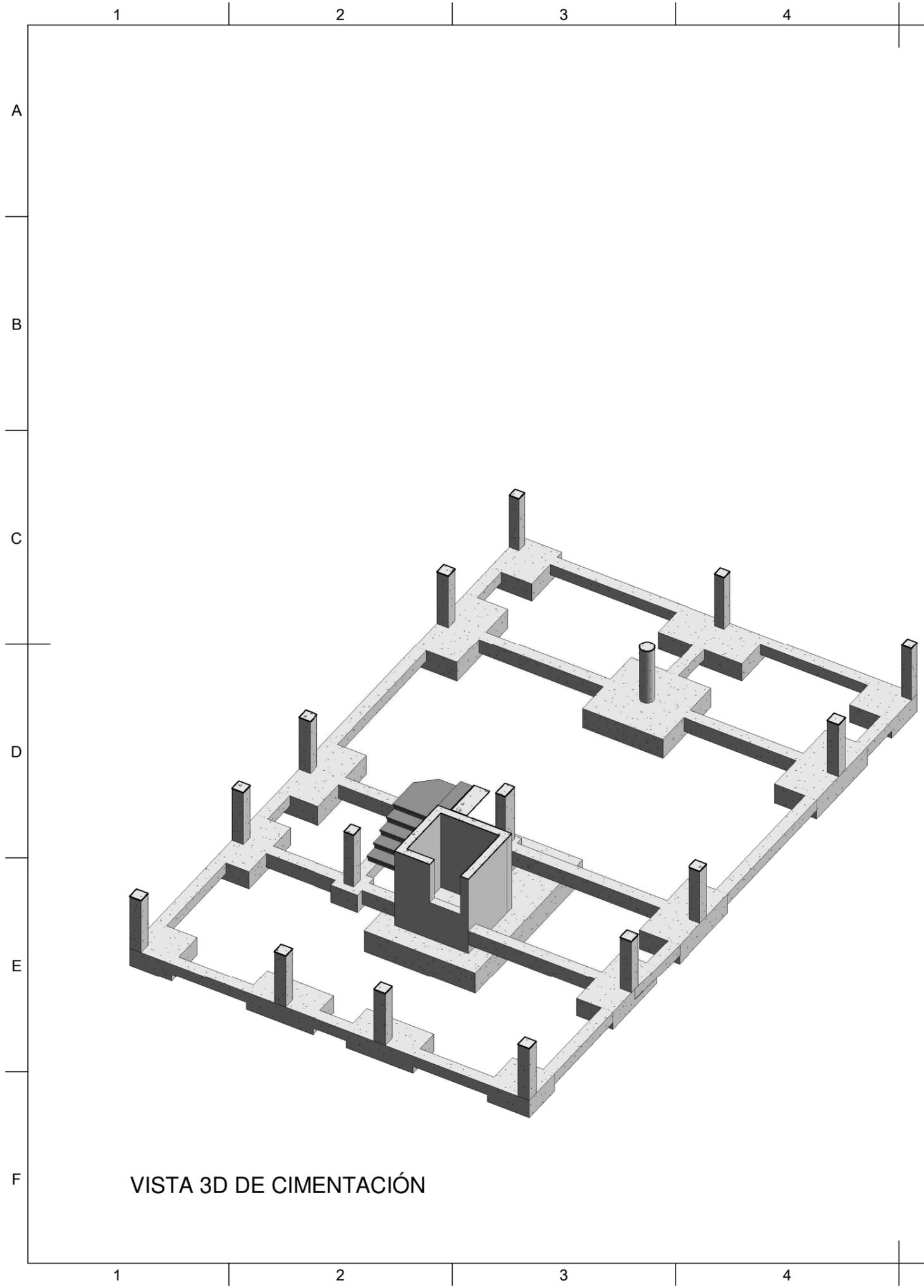


VISTA 3D LATERAL

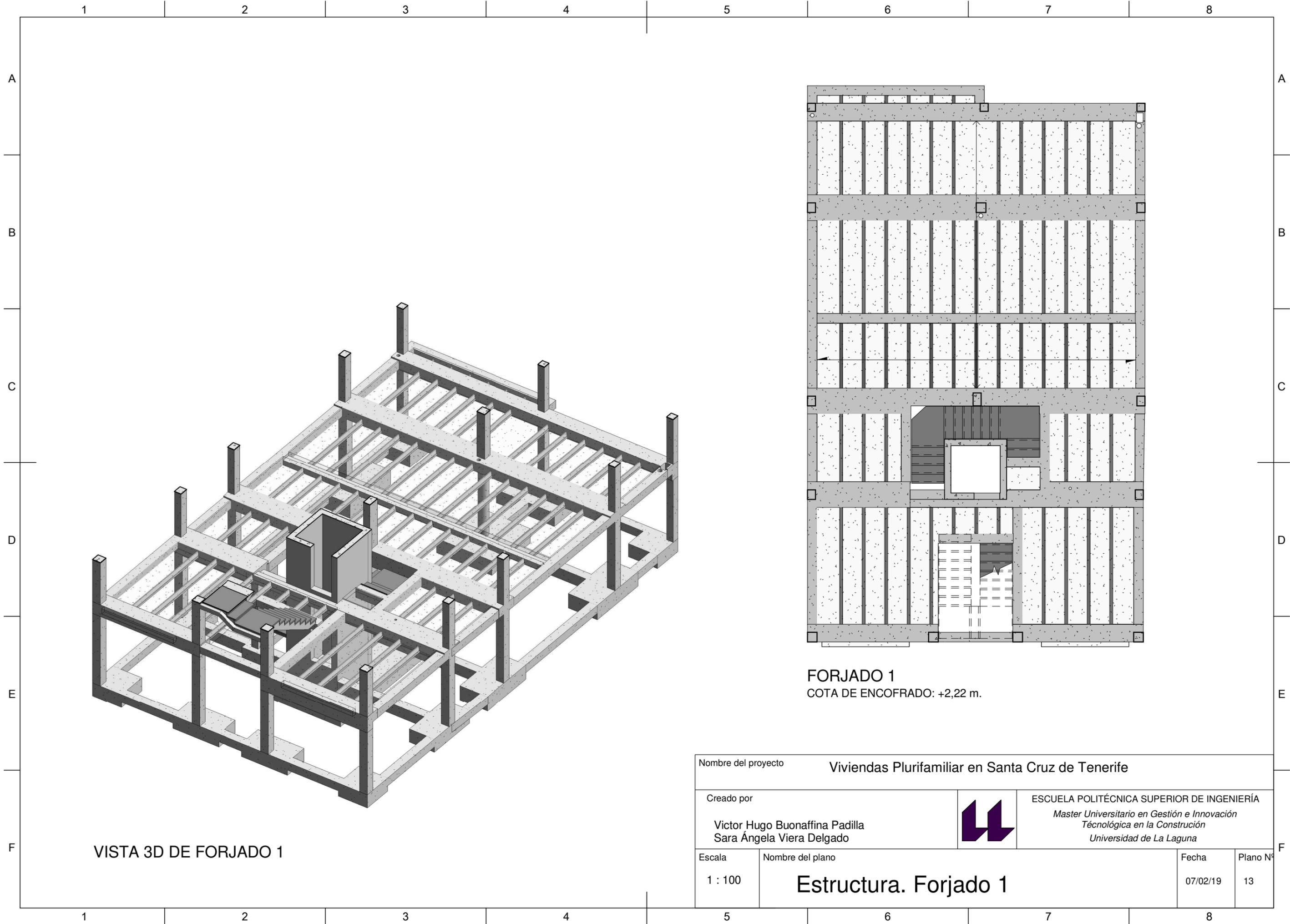


VISTA 3D FRONTAL

Nombre del proyecto		Edificio de Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife			
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>		
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Angela Viera Delgado			Fecha	Plano N°	
Escala	Nombre del plano		02/07/19	11	
1 : 1	Renderizado				



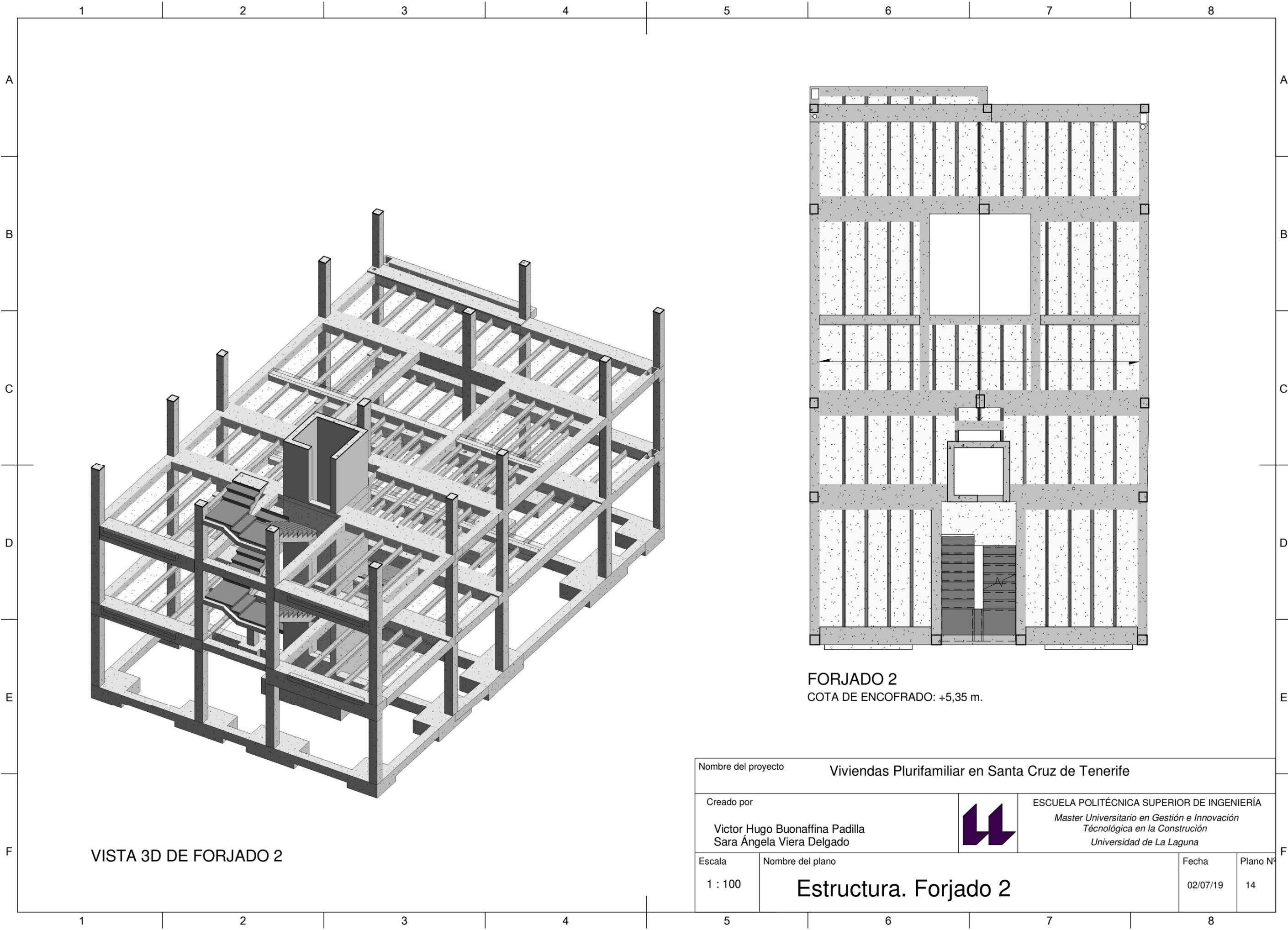
Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> Universidad de La Laguna	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Estructura. Cimentación	02/07/19	12



VISTA 3D DE FORJADO 1

FORJADO 1
COTA DE ENCOFRADO: +2,22 m.

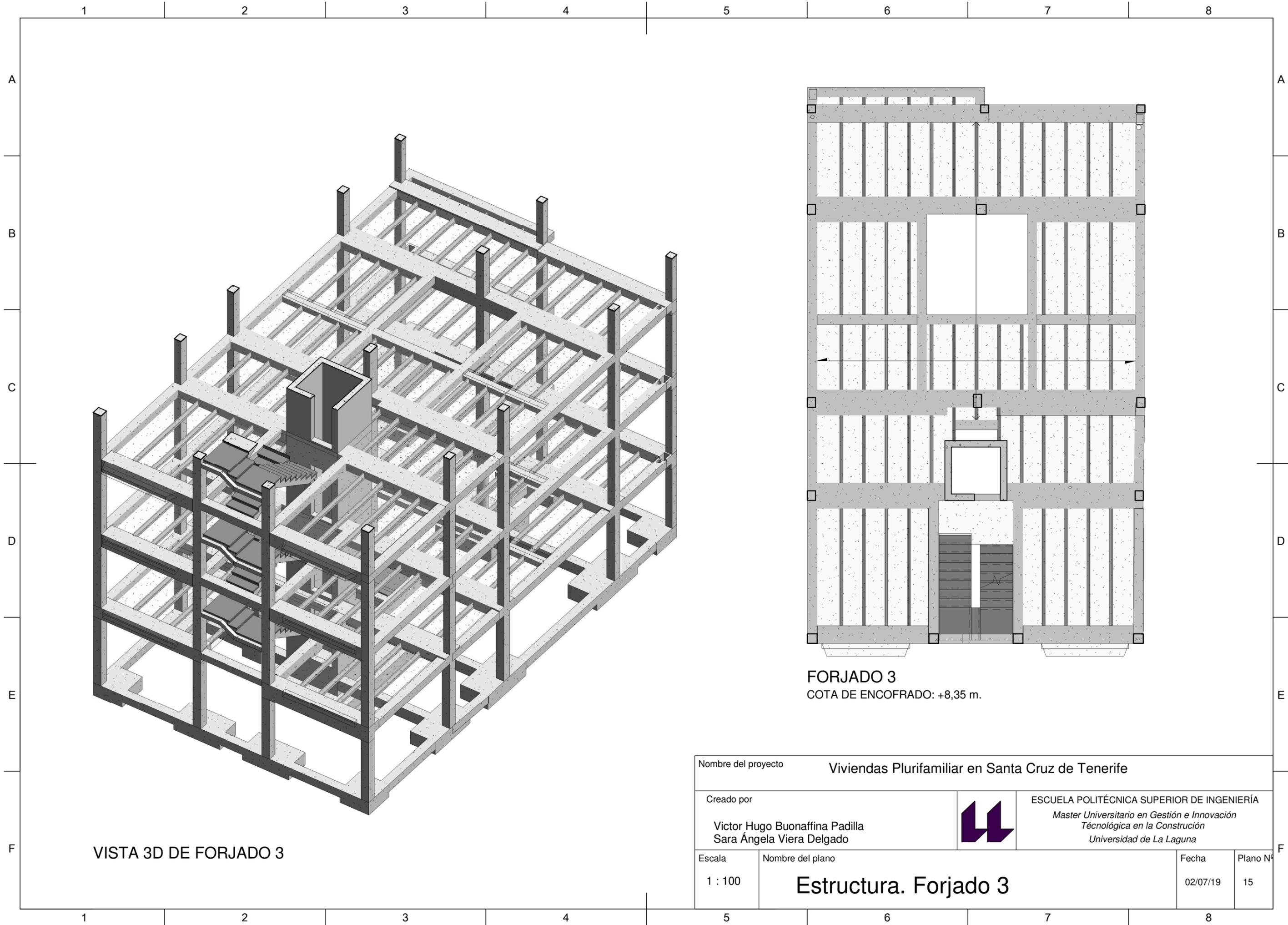
Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> Universidad de La Laguna	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Estructura. Forjado 1	07/02/19	13



VISTA 3D DE FORJADO 2

FORJADO 2
COTA DE ENCOFRADO: +5,35 m.

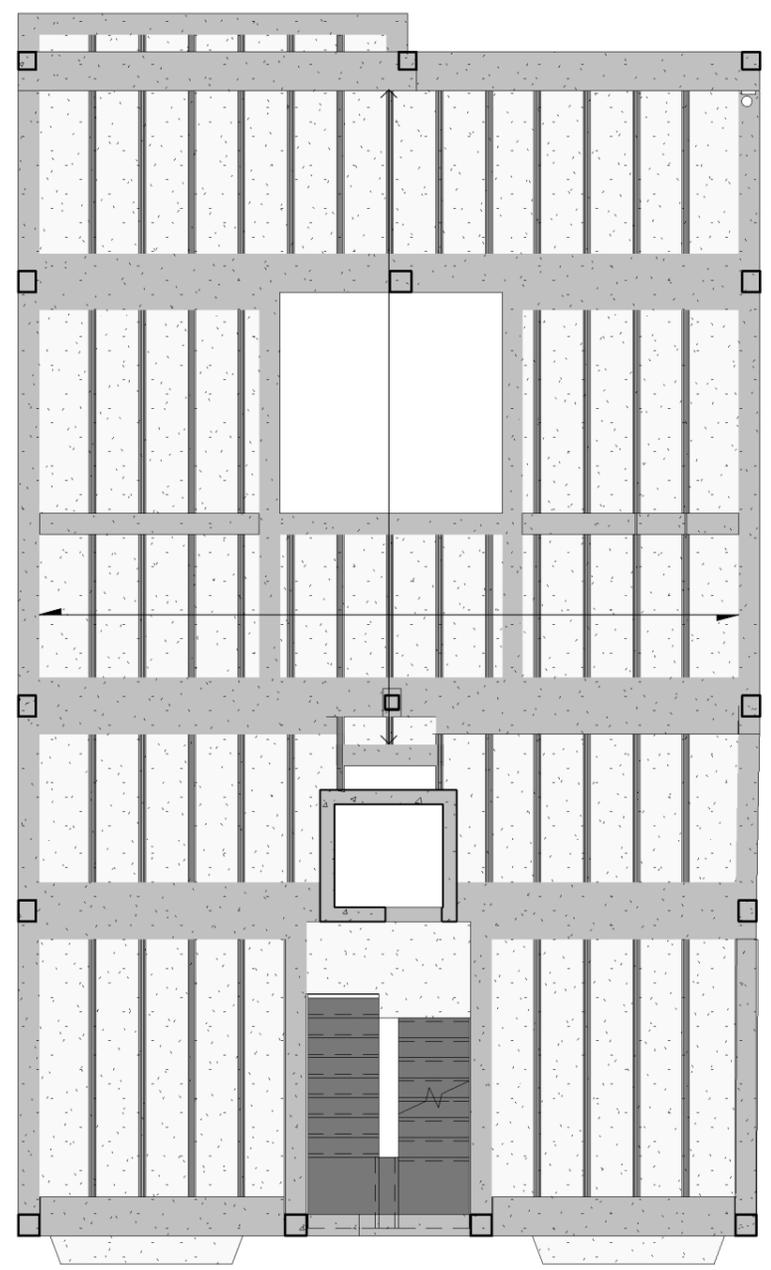
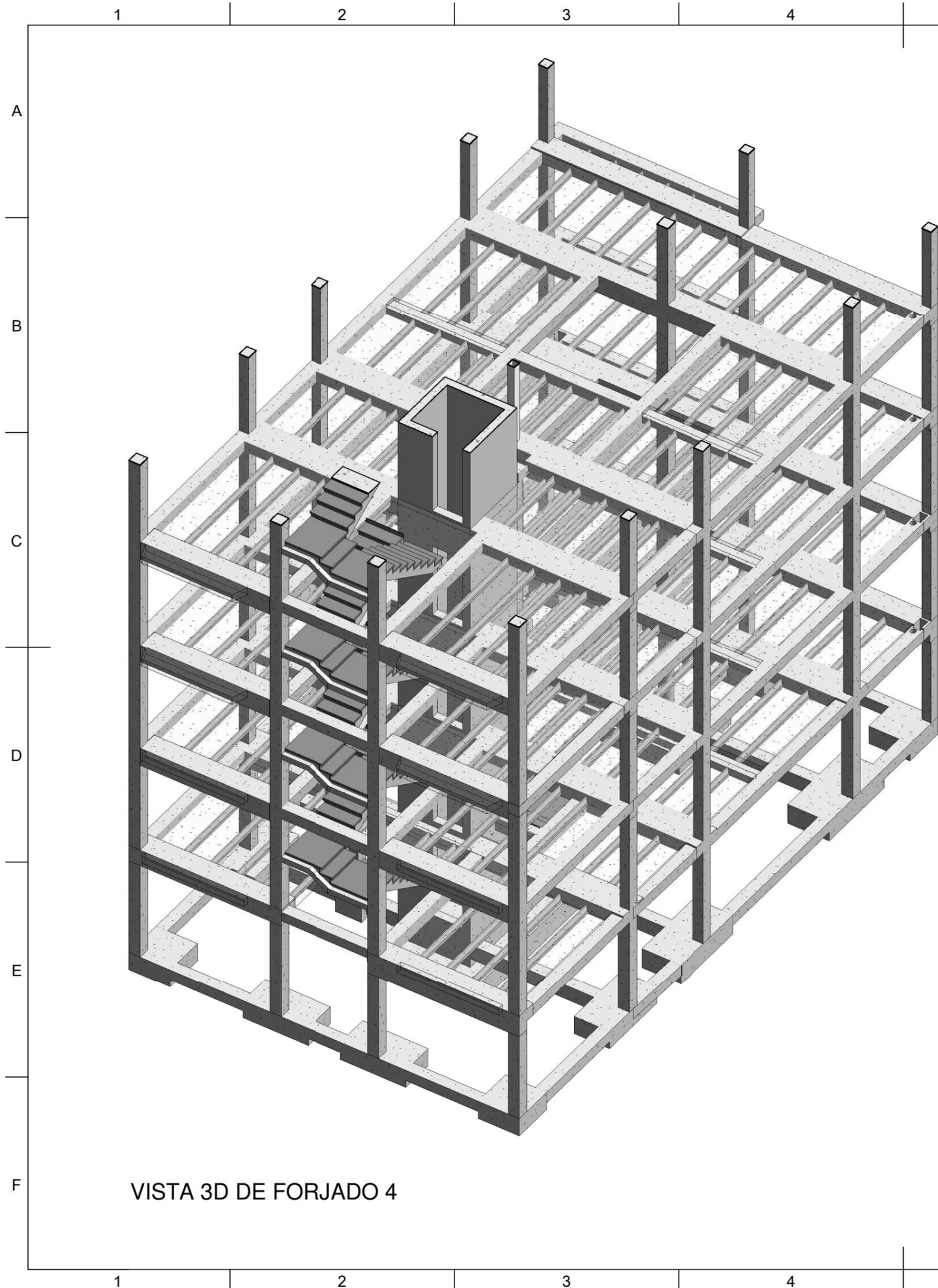
Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> Universidad de La Laguna	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 100	Estructura. Forjado 2	02/07/19	14



VISTA 3D DE FORJADO 3

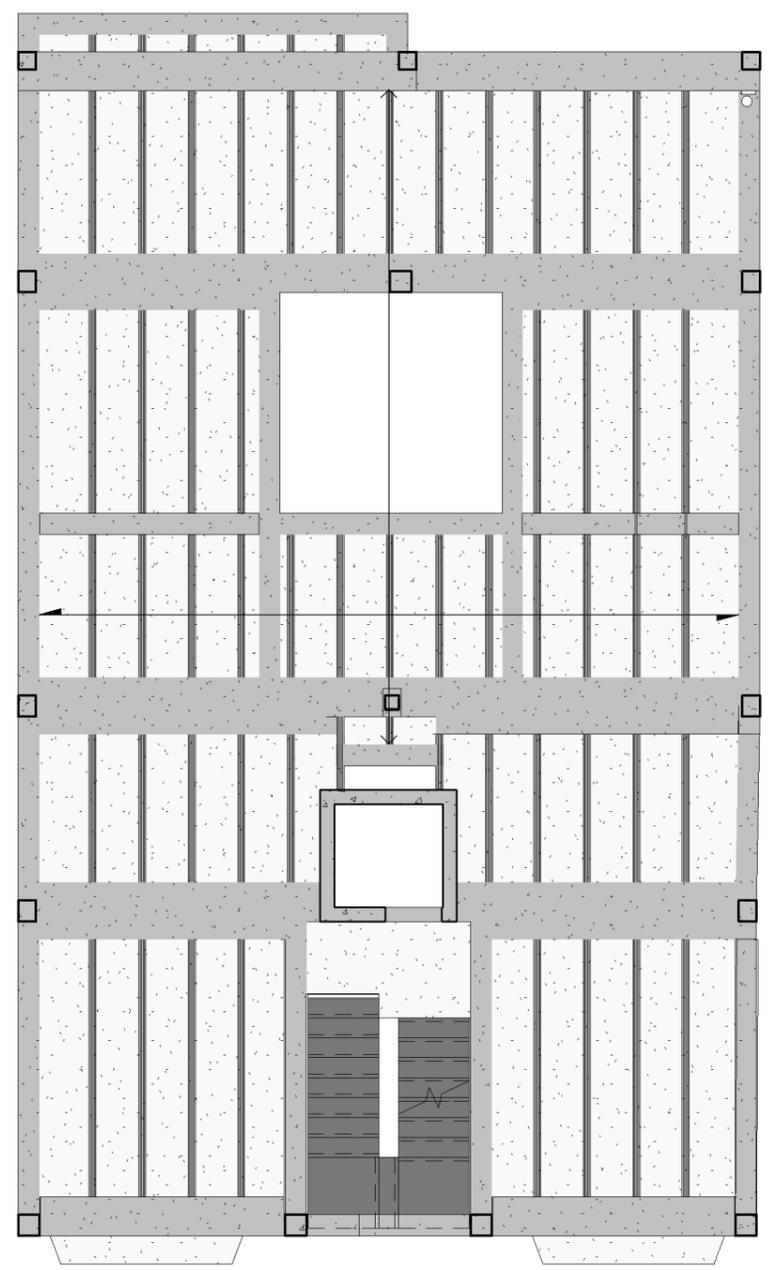
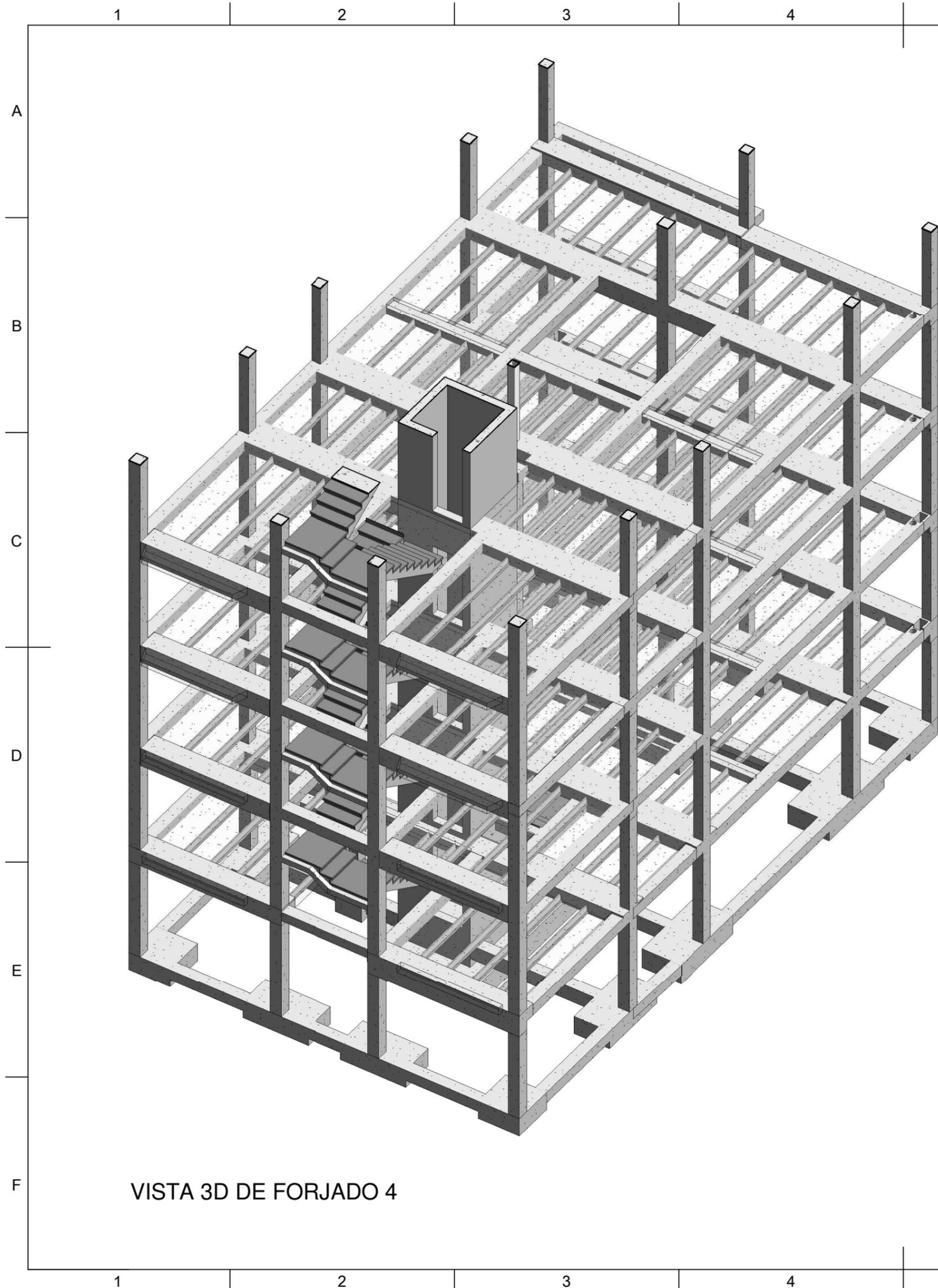
FORJADO 3
COTA DE ENCOFRADO: +8,35 m.

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Estructura. Forjado 3	02/07/19	15



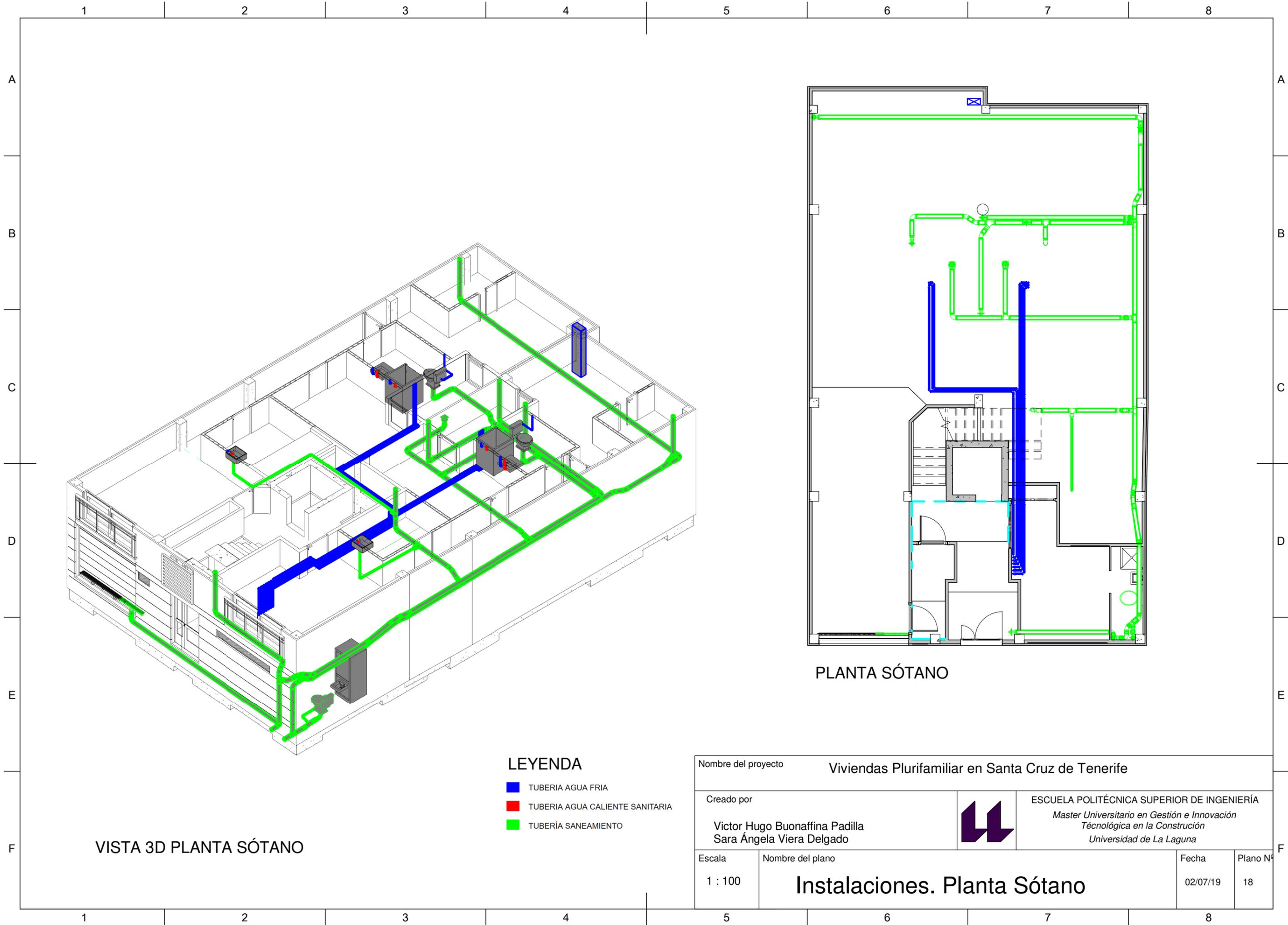
FORJADO 4
COTA DE ENCOFRADO: +11,35 m.

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 100	Estructura. Forjado 4	02/07/19	16



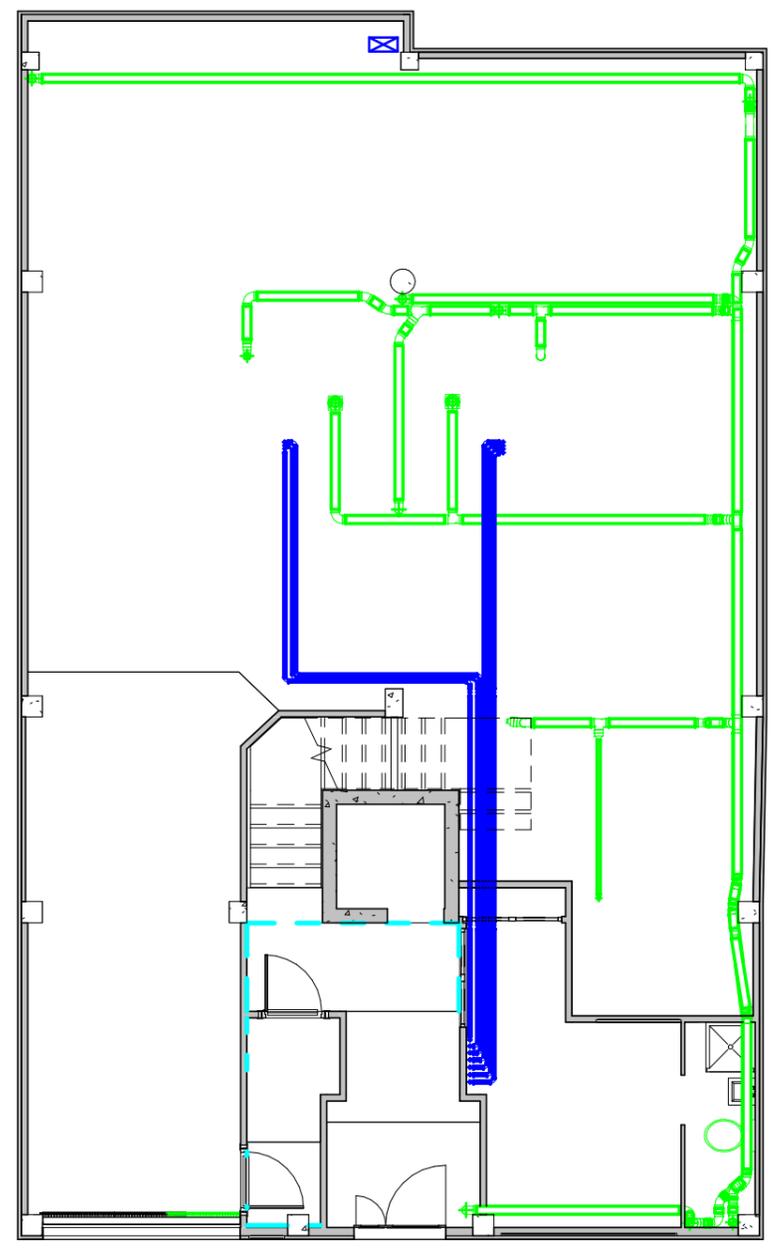
FORJADO 4
COTA DE ENCOFRADO: +11,35 m.

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por		 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna</i>	
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano N°
1 : 100	Estructura. Forjado 4	02/07/19	16



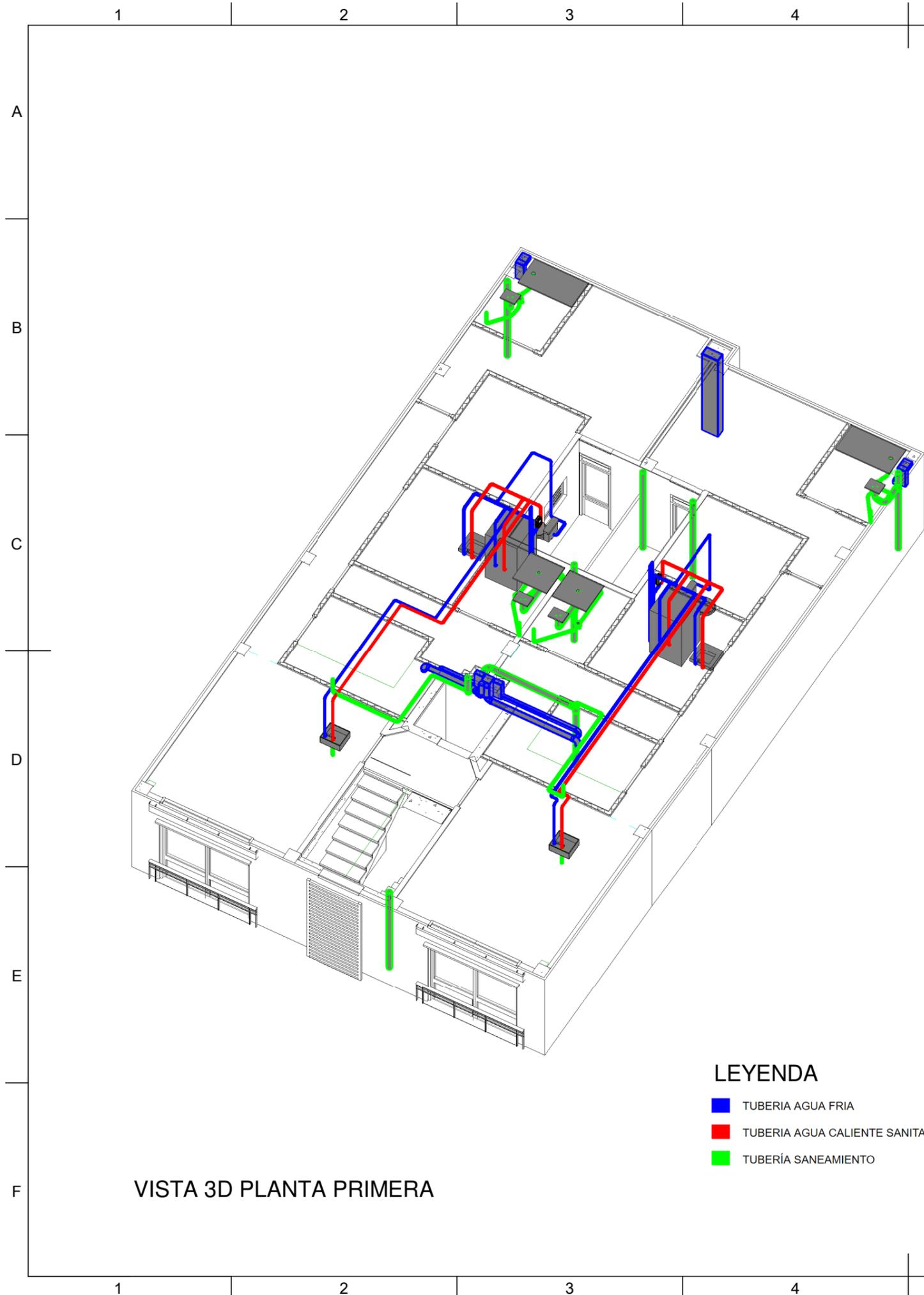
VISTA 3D PLANTA SÓTANO

- LEYENDA**
- TUBERIA AGUA FRIA
 - TUBERIA AGUA CALIENTE SANITARIA
 - TUBERIA SANEAMIENTO



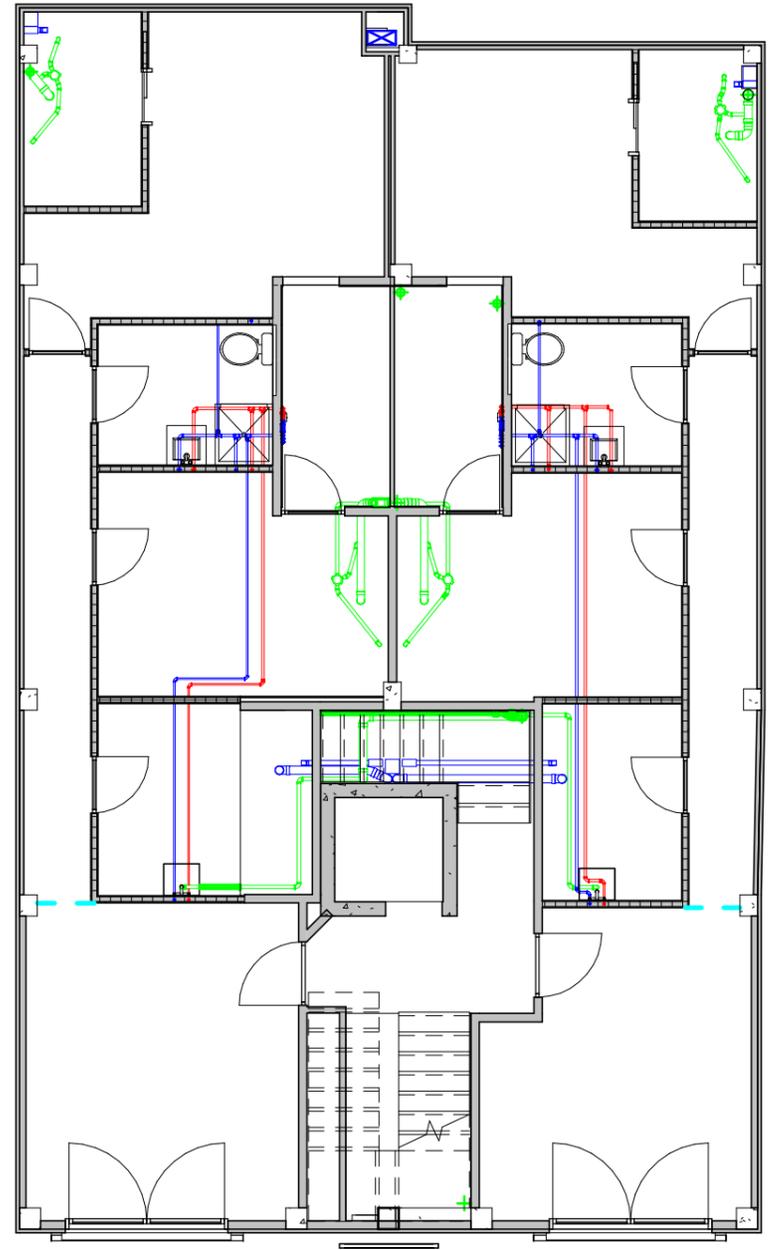
PLANTA SÓTANO

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Instalaciones. Planta Sótano	02/07/19	18



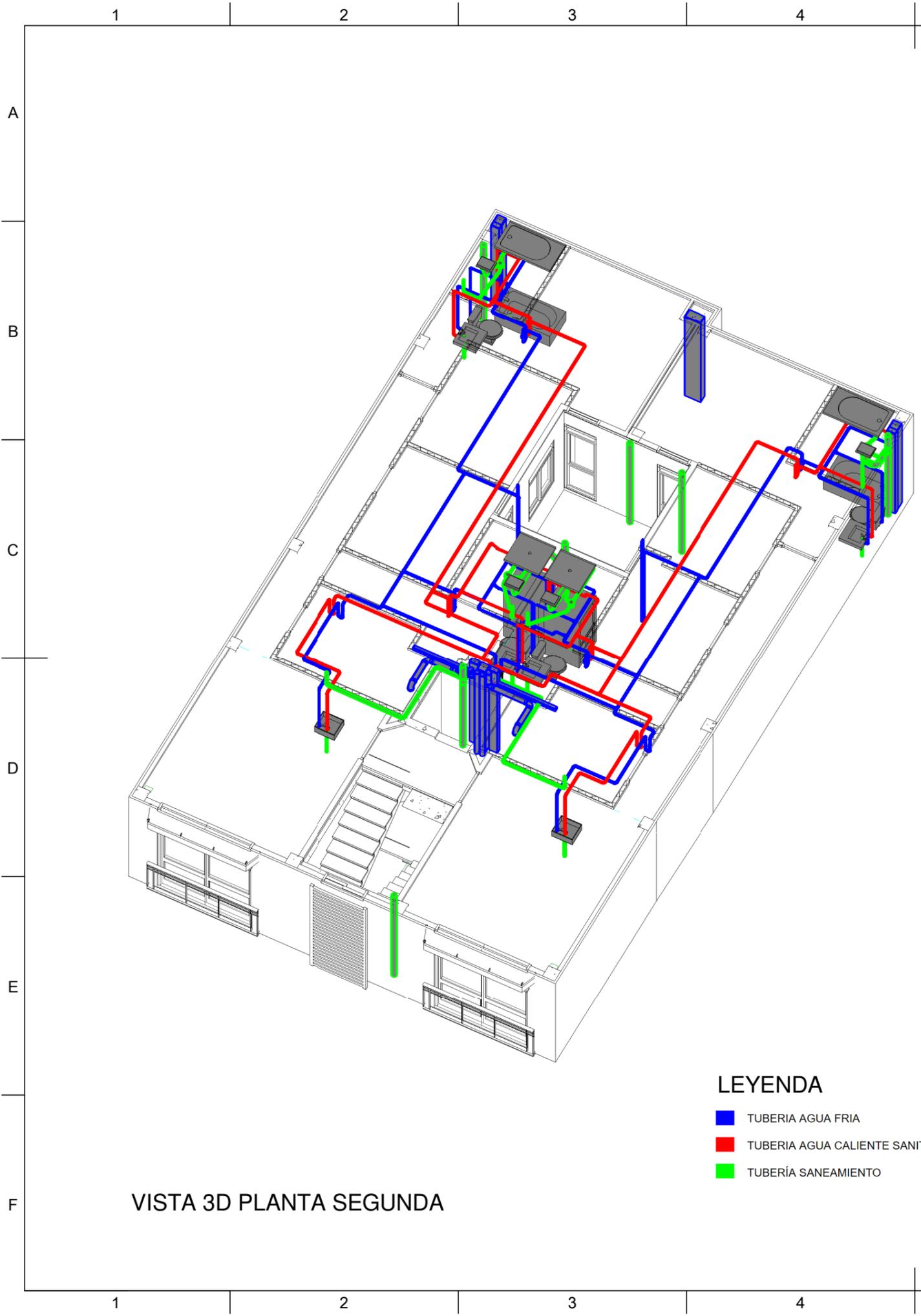
VISTA 3D PLANTA PRIMERA

- LEYENDA**
- TUBERIA AGUA FRIA
 - TUBERIA AGUA CALIENTE SANITARIA
 - TUBERIA SANEAMIENTO



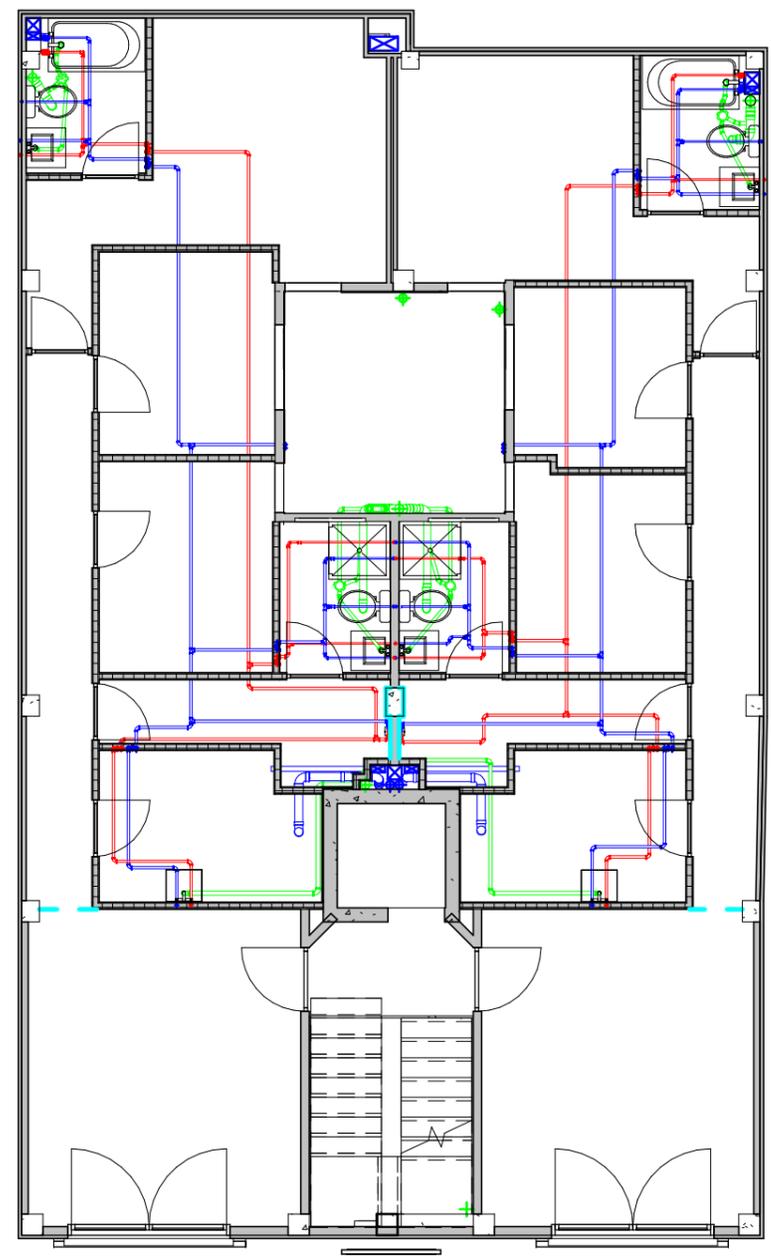
PLANTA PRIMERA

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Instalaciones. Planta primera	02/07/19	19



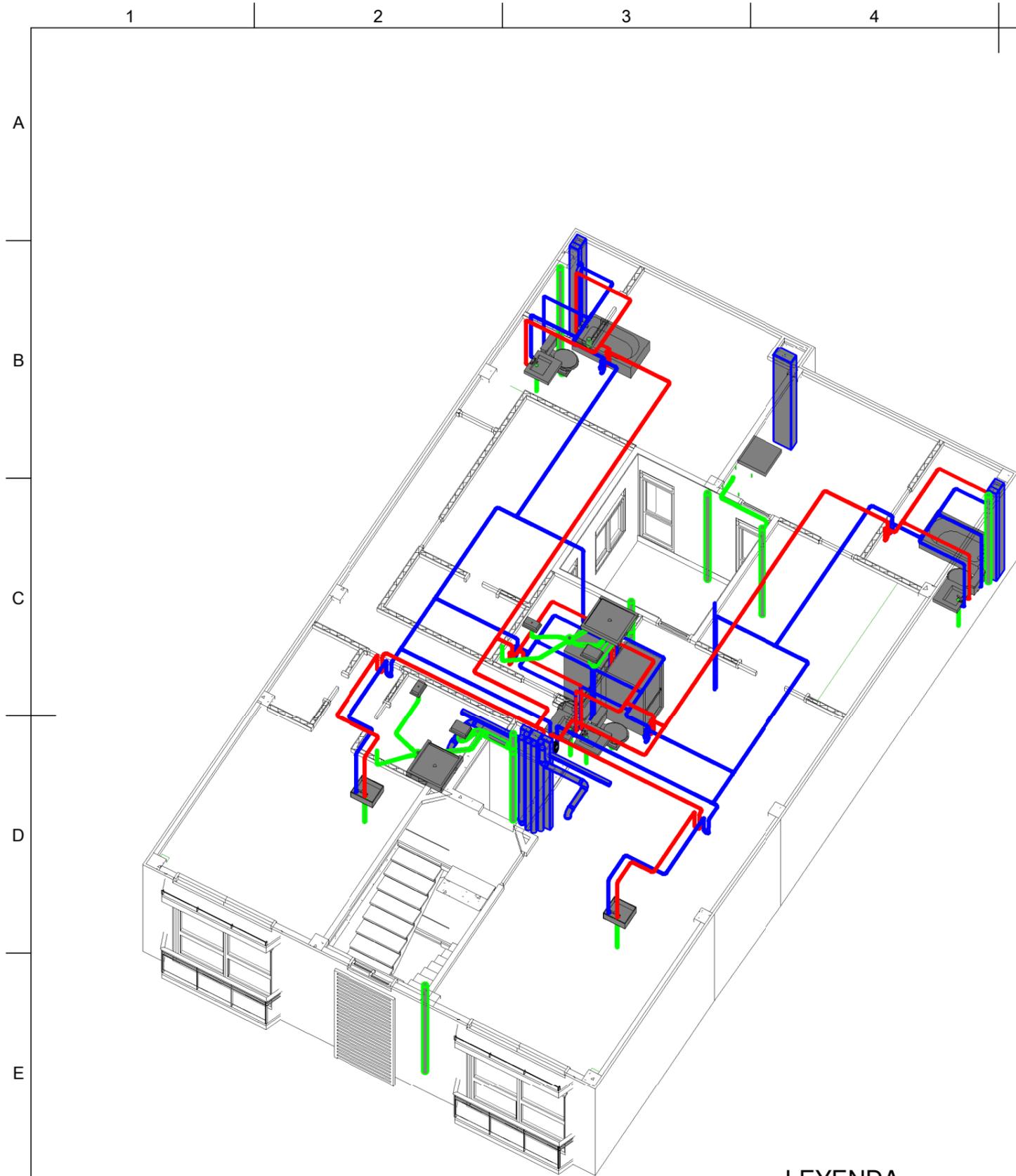
VISTA 3D PLANTA SEGUNDA

- LEYENDA**
- TUBERIA AGUA FRIA
 - TUBERIA AGUA CALIENTE SANITARIA
 - TUBERIA SANEAMIENTO



PLANTA SEGUNDA

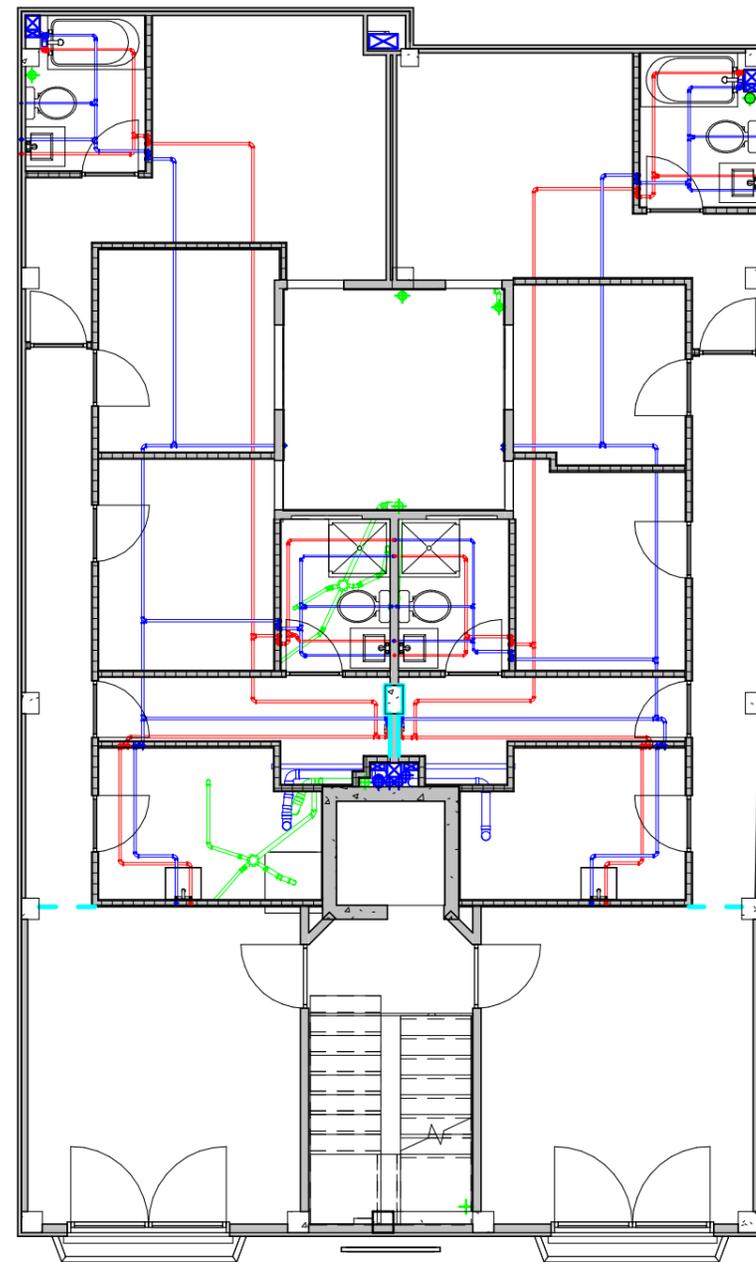
Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Instalaciones. Planta segunda	02/07/19	20



VISTA 3D PLANTA TERCERA

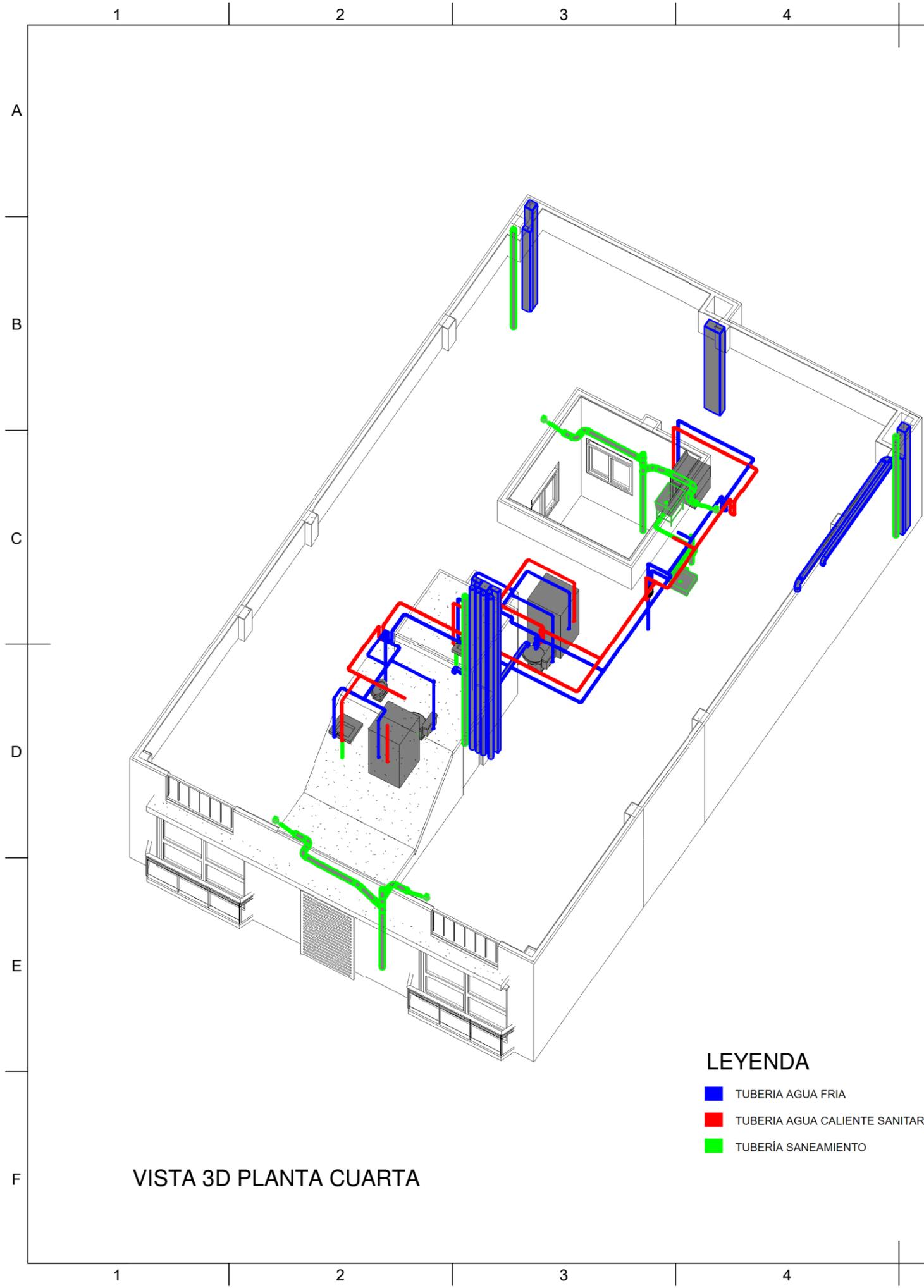
LEYENDA

- TUBERIA AGUA FRIA
- TUBERIA AGUA CALIENTE SANITARIA
- TUBERIA SANEAMIENTO



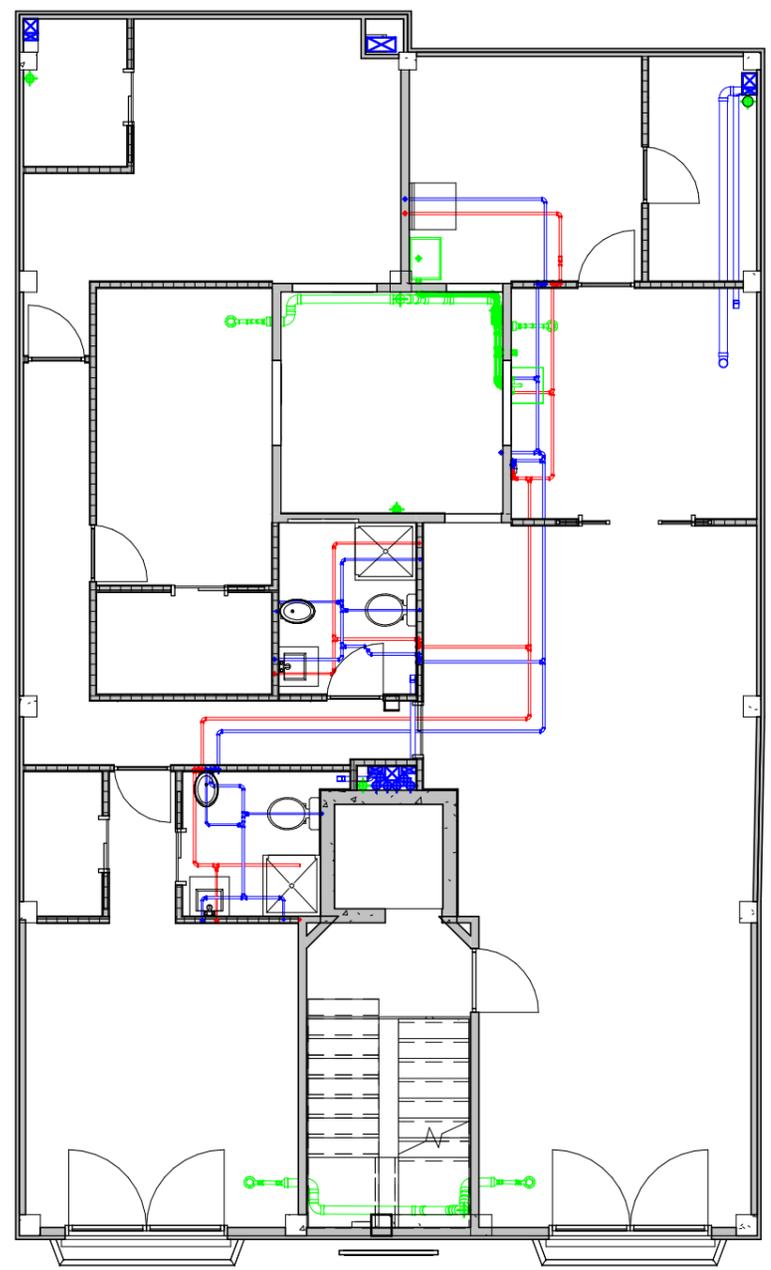
PLANTA TERCERA

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción Universidad de La Laguna
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Instalaciones. Planta tercera	02/07/19	21



VISTA 3D PLANTA CUARTA

- LEYENDA**
- TUBERIA AGUA FRIA
 - TUBERIA AGUA CALIENTE SANITARIA
 - TUBERIA SANEAMIENTO



PLANTA CUARTA

Nombre del proyecto		Viviendas Plurifamiliar en Santa Cruz de Tenerife	
Creado por			ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA <i>Master Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Victor Hugo Buonaffina Padilla Sara Ángela Viera Delgado			
Escala	Nombre del plano	Fecha	Plano Nº
1 : 100	Instalaciones. Planta cuarta	02/07/19	22