



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de  
Edificación

Planificación y programación de la obra de un edificio de 50 viviendas Célere Elisae basado en la técnica de Líneas de Balance mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM)

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Edificación

AUTOR/A: Macias Navarro, Lisbey

Tutor/a: Fuentes Giner, María Begoña

Cotutor/a: Cos-Gayón López, Fernando José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero expresar mi eterna gratitud a mis padres. Cada logro, cada éxito, cada sueño cumplido, también son suyos.

A Javi, por su confianza, apoyo incondicional y paciencia.

A mi tutora Begoña Fuentes, gracias por su apoyo durante todo el proceso de elaboración de este trabajo. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para la correcta culminación.

Me gustaría agradecer por su colaboración para el desarrollo del TFM a mi co-tutor Fernando Cos-Gayón López y a Eduardo Bolufer, profesor de Planificación y programación de obras.

Agradezco a todos los profesores del Máster en Edificación por la profesionalidad y los conocimientos transmitidos. A las autoridades y al personal de la Universitat Politècnica de València, gracias por proporcionarme las instalaciones y los recursos necesarios para llevar a cabo este trabajo.

A mi familia y amigos, gracias por su apoyo y aliento desde la distancia.

A mis compañeros de clase, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, por las horas de estudio juntos y por la amistad que hemos construido a lo largo de la carrera.

Finalmente, quiero agradecer a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han contribuido a que este TFM sea una realidad.

Este TFM es el resultado de un gran esfuerzo y dedicación, pero no habría sido posible sin el apoyo de todas estas personas.

Gracias a todos.

## RESUMEN

La transformación digital y la era de la gestión del dato y de la información también ha llegado ya al sector de la construcción. La metodología Building Information Modeling (BIM) ha posibilitado centralizar la información del proyecto de construcción en bases de datos interrelacionadas que cubren todo el ciclo de vida del activo y todas las disciplinas que participan de su desarrollo y gestión.

La hipótesis de partida de este trabajo final de máster consiste en estudiar si la metodología BIM puede mejorar el grado de certidumbre con el que planificamos y programamos obras de construcción. Se realizará un estudio teórico sobre las diferentes técnicas que se utilizan en la planificación de obra y su relación con las diferentes tipologías de edificios para centrarnos en el análisis de la técnica de Líneas de Balance y el procedimiento para su aplicación a la planificación BIM (4D). El testeo del trabajo teórico se realizará sobre un proyecto de 50 viviendas que presenta 12 plantas tipo, de las que se realizará el modelado 3D mediante la herramienta Autodesk REVIT y la planificación de obra mediante la herramienta Microsoft Excel. A continuación, se vinculará con la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks Manage, las tareas del proceso constructivo a una línea de tiempo y se obtendrá un modelo 4D sobre el que analizar los distintos escenarios de obra en función de los rendimientos de trabajo de cada cuadrilla. Puesto que la obra de referencia está en marcha y con acceso a toda su documentación y recursos, podremos analizar cada escenario y los resultados obtenidos para comprobar si, finalmente, la metodología BIM nos ayuda a optimizar la programación de la obra y reducir el grado de incertidumbre de partida.

Entendemos que los resultados que obtengamos podrían permitirnos empezar a establecer algunos criterios para la toma de decisiones en cuanto a la conveniencia de aplicar este flujo de trabajo en BIM utilizando estas herramientas de programación, con el objetivo principal de contribuir a mejorar la eficiencia y la calidad del proceso constructivo, en el marco de la transformación digital y el desarrollo sostenible que está viviendo el sector de la construcción.

**Palabras claves:** Building Information Modeling, BIM, 4D, líneas de balance, planificación de obra, Revit, Navisworks Manage, TimeLiner, programación



## ABSTRACT

The digital transformation and the era of data and information management has also reached the construction sector. The Building Information Modeling (BIM) methodology has made it possible to centralize construction project information in interrelated databases that cover the entire life cycle of the asset and all the disciplines that participate in its development and management.

The starting hypothesis of this master's final project proposal consist of studying whether the BIM methodology can improve the degree of certainty with which we plan and schedule construction works. A theoretical study will be carried out on the different techniques used in construction planning and their relationship with building typologies to focus on the analysis of the Balance Lines technique and the procedure for its application to BIM (4D) planning. The testing of the theoretical work will be carried out on a project of 50 homes that has 12 typical floors, of which 3D modeling will be carried out using the Autodesk REVIT tool and construction planning using the Microsoft Excel tool. Next, using the TimeLiner of Autodesk Navisworks tool, the tasks of the construction process will be linked to a timeline and a 4D model will be obtained on which to analyze the different work scenarios based on the work performance of each team. Since the reference work is underway and with access to all its documentation and resources, we will be able to analyze each scenario and the results obtained to check if, finally, the BIM methodology helps us optimize the programming of the work and reduce the degree of starting uncertainty.

We understand that the results we obtain could allow us to begin to establish some criteria for making decision regarding the convenience of applying this workflow in BIM using these programming tools, with the main objective of contributing to improving efficiency and quality of the construction process, within the framework of the digital transformation and sustainable development that the construction sector is experiencing.

**Keywords:** Building Information Modeling, BIM, 4D, lines of balance, construction planning, Revit, Navisworks Manage, TimeLiner, scheduling.

## RESUM

La transformació digital i l'era de la gestió de la dada i de la informació també ha arribat ja al sector de la construcció. La metodologia Building Information Modeling (BIM) ha possibilitat centralitzar la informació del projecte de construcció en bases de dades interrelacionades que cobrixen tot el cicle de vida de l'actiu i totes les disciplines que participen del seu desenvolupament i gestió.

La hipòtesi de partida d'este treball final de màster consistix a estudiar si la metodologia BIM pot millorar el grau de certitud amb el qual planifiquem i programem obres de construcció. Es realitzarà un estudi teòric sobre les diferents tècniques que s'utilitzen en la planificació d'obra i la seua relació amb les diferents tipologies d'edificis per a centrar-nos en l'anàlisi de la tècnica de Línies de Balanç i el procediment per a la seua aplicació a la planificació BIM (4D). El testatge del treball teòric es realitzarà sobre un projecte de 50 vivendes que presenta 12 plantes tipus, de les quals es realitzarà el modelatge 3D mitjançant la ferramenta Autodesk REVIT i la planificació d'obra mitjançant la ferramenta Microsoft Excel. A continuació, es vincularà, mitjançant la ferramenta Timeliner Autodesk Navisworks Manage, les tasques del procés constructiu a una línia de temps i s'obtindrà un model 4D sobre el qual analitzar els diferents escenaris d'obra en funció dels rendiments de treball de cada quadrilla. Com que l'obra de referència està en marxa i amb accés a tota la seua documentació i recursos, podrem analitzar cada escenari i els resultats obtinguts per a comprovar si, finalment, la metodologia BIM ens ajuda a optimitzar la programació de l'obra i reduir el grau d'incertesa de partida.

Entenem que els resultats que obtinguem podrien permetre'ns començar a establir alguns criteris per a la presa de decisions quant a la conveniència d'aplicar este flux de treball en \*BIM utilitzant estes ferramentes de programació, amb l'objectiu principal de contribuir a millorar l'eficiència i la qualitat del procés constructiu, en el marc de la transformació digital i el desenvolupament sostenible que està vivint el sector de la construcció.

**Paraules claus:** Building Information Modeling, BIM, 4D, Línies de balanç, Planificació d'obra, Revit, Navisworks Manage, TimeLiner, programació



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo principal.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>2</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>2</b>
<b>Estructura del trabajo.....</b>	<b>3</b>
<b>Observaciones.....</b>	<b>4</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Planificación, programación y control de proyectos de construcción.....</b>	<b>5</b>
1.1.1. Técnicas que se aplican en la planificación de obras.....	6
1.1.2. Técnica de Líneas de Balance (LOB).....	8
1.1.3. Comparativa de LOB frente a otras técnicas.....	9
1.1.4. Procedimiento para elaborar un programa de obra con Líneas de Balance (LOB).....	11
<b>1.2. Revisión del estado actual de la implementación de la Metodología BIM en España..</b>	<b>14</b>
1.2.1 Plan BIM en España. Estrategia gubernamental para su implementación.....	17
<b>1.3. BIM 3D Modelado de la información de proyecto.....</b>	<b>20</b>
1.3.1. Niveles de desarrollo del modelo LOD.....	21
1.3.2. Usos BIM.....	23
1.3.3. Requisitos generales para el modelado BIM.....	25
<b>1.4. Planificación y programación temporal de proyectos BIM 4D.....</b>	<b>28</b>
1.4.1. Flujo de trabajo para la planificación BIM 4D.....	28
1.4.2. Herramientas y softwares BIM que se utilizan en la Planificación 4D.....	30
1.4.3. Integración de la técnica de Líneas de Balance a la metodología BIM.....	31
<b>2. CASO DE ESTUDIO. EDIFICIO DE VIVIENDAS CÉLERE ELISAE, VALENCIA.....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. Presentación del proyecto.....</b>	<b>32</b>
2.1.1. Descripción general del proyecto.....	32



<b>2.2. Modelado BIM 3D</b> .....	<b>37</b>
2.2.1. Importación de planos en formato CAD .....	37
2.2.2. Nivel de desarrollo LOD 100 .....	38
2.2.3. Nivel de desarrollo LOD 200 .....	40
2.2.4. Nivel de desarrollo LOD 300 .....	42
2.2.5. Nivel de desarrollo LOD 350 .....	47
2.2.5. Flujo de trabajo para el modelado BIM 3D con la herramienta Revit .....	47
<b>2.3. Planificación y programación temporal del proyecto basado en Líneas de Balance</b> .....	<b>48</b>
2.3.1. Definición de las actividades y recursos. Cálculo de rendimientos y duraciones ..	48
2.3.2. Automatización del proceso para elaborar la planificación basada en LOB.....	52
2.3.3. Gráfica de Líneas de Balance .....	54
<b>2.4. Planificación BIM 4D</b> .....	<b>57</b>
2.3.4. Preparación del modelo 3D importado a Navisworks Manage .....	57
2.3.5. Planificación 4D a través de TimeLiner .....	60
<b>3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>66</b>
<b>3.1. Comparación de los resultados de la planificación y programación de la obra basado en la técnica de Líneas de Balance versus cronograma de ejecución real</b> .....	<b>66</b>
3.1.1. Fase de ejecución de estructura y albañilería .....	66
3.1.2. Fase de ejecución de instalaciones y particiones interiores de yeso laminado .....	68
3.1.3. Fase de ejecución de acabados .....	69
3.1.4. Simulación mediante la herramienta TimeLiner con los datos del cronograma real de ejecución .....	71
<b>3.2. Análisis de los factores que inciden en la variación de la productividad de las tareas de ejecución de la obra</b> .....	<b>72</b>
3.2.1. Estructura.....	72
3.2.2. Fachada de ladrillo caravista .....	73
3.2.3. Particiones interiores de albañilería .....	74
3.2.4. Particiones interiores de yeso laminado .....	75
3.2.5. Revestimiento cerámico .....	76
3.2.6. Mobiliario de cocina.....	77
<b>3.3. Simulación de detección de interferencias con la herramienta TimeLiner</b> .....	<b>78</b>



3.3.1. Detección de interferencias y colisiones con la herramienta Clash Detective .....	83
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>6.1. Referencias de información consultada.....</b>	<b>90</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Representación de un programa de vivienda mediante diagrama de barras (Loría Arcila, 2019).	10
Figura 2: Programa de vivienda con Líneas de Balance (Loría Arcila, 2019.)	10
Figura 3: Gráfica de Líneas de Balance para el proyecto de construcción de 20 bodegas (Loría Arcila, 2019).	13
Figura 4: Gráfica de Líneas de Balance para el proyecto de construcción de 20 bodega (Loría Arcila, 2019).	14
Figura 5: Evolución Inversión acumulada (valor estimado del contrato).	16
Figura 6: Porcentaje de licitaciones que establecen diferentes usos BIM.	16
Figura 7: Porcentaje de licitaciones que solicita la elaboración de los entregables.	16
Figura 8: Evolución de la Valoración de BIM por tipos de proyecto.	17
Figura 9: Niveles de Desarrollo en BIM (LOD). Fuente: <a href="https://koalaarchitecture.com/niveles-de-desarrollo-en-bim-lod/">https://koalaarchitecture.com/niveles-de-desarrollo-en-bim-lod/</a>	23
Figura 10: Dimensiones BIM. Fuente: <a href="https://es.cadbimsurveys.com/entiende-dimensiones-bim.">https://es.cadbimsurveys.com/entiende-dimensiones-bim.</a>	24
Figura 11: Plano indicativo de tipología de viviendas. Elaborado por la autora	32
Figura 12: Emplazamiento del solar. Fuente: Google Maps 2024.	33
Figura 13: Dibujo de Sección transversal de Proyecto importado en Vista de alzado Oeste de Revit.	38
Figura 14: Niveles de Proyecto generados en Revit.	38
Figura 15: Muros en LOD 100.	39
Figura 16: Suelos en LOD 100.	40
Figura 17: Vista 3D en sección del modelo con un nivel LOD 100.	40
Figura 18: Sección longitudinal en LOD 200.	41
Figura 19: Vista 3D de una sección de la fachada en LOD 200.	42



Figura 20: Losa de hormigón armado.....	44
Figura 21: Forjado reticular de casetón perdido 25+5 cm.....	44
Figura 22: Sección transversal en LOD 300.....	46
Figura 23: Sección longitudinal en LOD 300.....	46
Figura 24: Tabla de planificación de techos en LOD 300.....	46
Figura 25: Vista de techos Planta 1 en LOD 300.....	47
Figura 26: Esquema de flujo de trabajo para el modelado 3D con Revit.....	48
Figura 27: Esquema de secuencia lógica de actividades de las plantas tipo de la obra.....	50
Figura 29: Tabla de planificación de suelos.....	51
Figura 28: Tabla de cómputo de materiales de muros.....	51
Figura 30: Tabla de planificación de ventanas.....	51
Figura 31: Tabla de planificación de puertas.....	51
Figura 32: Tabla de planificación de aparatos sanitarios.....	51
Figura 33: Hoja de cálculo con operaciones aritméticas.....	52
Figura 34: Hoja de cálculo con operaciones para graficar las líneas de balance.....	53
Figura 35: Hoja de cálculo de actividades discontinuas con operaciones para graficar las líneas de balance.....	54
Figura 36: Gráfica de Líneas de Balance.....	55
Figura 37: Gráfica de Líneas de Balance. Planificación de los trabajos de fachada sin marquesinas de seguridad.....	56
Figura 38: Orden Crear Pieza en Revit.....	58
Figura 39: Ejemplo de utilización del parámetro Id Construcción.....	59
Figura 40: Importación del cronograma de tareas en formato .csv a Navisworks Manage.....	60



Figura 41: Configuración de los tipos de tareas en TimeLiner.....	60
Figura 42: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 50. ....	61
Figura 43: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 100. ....	61
Figura 44: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 150. ....	62
Figura 45: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 200. ....	62
Figura 46: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 250. ....	63
Figura 47: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 300. ....	63
Figura 48: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 350. ....	64
Figura 49: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 400. ....	64
Figura 50: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 457. Fin de simulación. ....	65
Figura 51: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Estructura y albañilería. ....	67
Figura 52: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Instalaciones y tabiquería de yeso laminado. ....	68
Figura 53: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: revestimientos. ....	69
Figura 54: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pavimentos y carpintería de fachada. ....	70
Figura 55: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pavimento laminado y carpintería interior. ....	70
Figura 56: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pintura, mobiliario sanitario, electrodomésticos y ascensores. ....	71
Figura 57: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Estructura. ....	73
Figura 58: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Fachada de ladrillo caravista. ....	74
Figura 59: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Particiones interiores de albañilería. ....	75
Figura 60: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Particiones interiores de yeso laminado. ....	75
Figura 61: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Revestimiento cerámico. ....	76
Figura 62: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Mobiliario de cocina. ....	77

Figura 63: Detección de Interferencias. Falso techo vs Pavimento cerámico. ....	78
Figura 64: Masas conceptuales que representan el área que ocupa el equipo de trabajo para la realización de falsos techos en una planta tipo.....	79
Figura 65: Masas conceptuales que representan el área que ocupa el equipo de trabajo para la realización de pavimentos cerámicos en las zonas húmedas de las viviendas en una planta tipo.....	79
Figura 66: Elaboración de conjuntos de búsqueda. ....	80
Figura 67: Enlace de los conjuntos de búsqueda con las tareas. ....	80
Figura 68: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 6.....	80
Figura 69: Simulación de detección de interferencias. Falso techo vs Pav. cerámicos. Planta 7.....	81
Figura 70: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 8.....	81
Figura 71: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 9.....	81
Figura 72: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 9. Colisión en la vivienda D. ....	82
Figura 73: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 10.....	82
Figura 74: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 11.....	82
Figura 75: Configuración de la prueba y selección de elementos del modelo a testear en Clash Detective. ....	84
Figura 76: Captura de pantalla al listado de pruebas realizadas en Clash Detective.....	84



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Información brindada por un diagrama de Gantt tradicional (Mattos & Valderrama, 2014).....	7
Tabla 2: Nomenclatura de las variables empleadas para el cálculo. ....	12
Tabla 3: Criterios y fórmulas que utilizar.....	12
Tabla 4: Tabla modelo para la elaboración del diagrama de Líneas de balance. ....	13
Tabla 5: Aplicación gradual del Plan BIM. Fuente: Plan BIM en la contratación pública (Mitma, 2023). .....	18
Tabla 6: Tipologías de muros y particiones interiores. ....	43
Tabla 7: Tipologías de suelos.....	44
Tabla 8: Tipologías de cubiertas.....	45
Tabla 9: Datos de partida del proyecto. ....	49
Tabla 10: Actividades y sus dependencias. Cálculo de duraciones.....	49
Tabla 12: Criterio de codificación para parámetro Id Construcción.....	58
Tabla 13: Nomenclatura de los elementos del modelo para el parámetro Id Construcción. ....	58

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

Se ha demostrado que el uso de BIM en el sector de la construcción presenta ventajas frente a la forma tradicional de llevar a cabo los proyectos, reduciendo plazos y costes en la ejecución y mejorando la productividad. La metodología BIM proporciona una fuente única de información coherente, de calidad y actualizada, evitando pérdida de información y descoordinación entre versiones; proporciona mayor fiabilidad, trazabilidad y transparencia de la información; permite la colaboración y comunicación entre agentes de distintas disciplinas; ayuda a detectar errores en la fase de diseño, lo que permite corregirlos antes de la fase de construcción; facilita la generación de toda la documentación del proyecto (presupuestos, programa de trabajos, etc.), minimizando riesgos y aumentando la coherencia del proceso constructivo; y optimiza la gestión de los activos durante todo el ciclo de vida de los mismos (Mitma, 2023).

El uso de BIM también presenta ventajas para la sostenibilidad en el sector de la construcción, contribuyendo a la reducción del impacto en el medio ambiente de sus actividades. La construcción es uno de los sectores que utilizan más recursos y que tienen un elevado potencial de circularidad. BIM puede ayudar a la reducción del volumen de residuos hasta un 15% y a la reducción de los costes de gestión de residuos de la construcción hasta un 57%, según el informe publicado por European Construction Sector Observatory, 2021, gracias a una mayor precisión en los pedidos de materiales, o una simulación optimizada de estudios energéticos que se traduce en una menor demanda de energía, es decir, menores emisiones de gases de efecto invernadero, por parte del entorno construido.

Son muchas las razones que convierten a BIM en la apuesta del sector de construcción hacia el desarrollo digital, como una industria más. Con el presente trabajo la autora pretende contribuir al avance de la implementación de la metodología, aportando información que pueda servir de guía a futuras aplicaciones prácticas de la temática desarrollada.

### Planteamiento del problema

Actualmente en el sector de la construcción, muchos de los proyectos que se ejecutan mediante métodos tradicionales, no cumplen los plazos pactados en la planificación inicial de obra. El modelado 3D durante la fase de proyecto está orientado a los elementos constructivos que componen el edificio, mientras que los procesos formados por las actividades en las que se basa la planificación no se encuentran completamente determinados en esta etapa. De ahí que, el empleo de la metodología BIM permite reducir la incertidumbre, conocer con anticipación las interferencias y

conflictos entre las tareas, y las indefiniciones del proyecto pueden quedar resueltas desde etapas anteriores a la ejecución.

### **Objetivo principal**

Comprobar el grado de precisión y anticipación que nos puede proporcionar la combinación del uso de la herramienta de planificación de líneas de balance junto con la tecnología BIM para programar obras que reúnan las condiciones adecuadas para ello y comparar los resultados de la simulación con los reales de la ejecución de la obra.

### **Objetivos específicos**

1. Comparar la aplicación de la técnica de Líneas de Balance en la planificación, programación y control de proyectos de construcción, frente a otras técnicas más conocidas y empleadas.
2. Definir el flujo de trabajo para la integración de la técnica de Líneas de Balance en BIM.
3. Modelar en 3D un caso de estudio basado en el proyecto de un edificio de viviendas mediante la herramienta Autodesk Revit, aplicando el flujo de trabajo de modelado BIM para su uso en la Planificación 4D.
4. Realizar la planificación de la construcción del edificio de viviendas, empleando la técnica de Líneas de Balance y mediante la herramienta Microsoft Excel.
5. Obtener la simulación de la Planificación 4D mediante la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks Manage, integrando el modelo 3D y la planificación de obra realizados.
6. Demostrar la optimización de los tiempos de ejecución de la obra con el empleo de la Planificación BIM (4D) mediante la simulación de la detección de interferencias entre equipos de trabajo de distintos oficios.
7. Comparar los resultados obtenidos con el uso de BIM en el caso de estudio con los valores del cronograma real de ejecución del proyecto mediante métodos tradicionales.

### **Metodología**

Para cumplir los objetivos del trabajo, la metodología propone partir de la revisión bibliográfica de los temas que se abordarán. Se realizará un estudio de las técnicas que se emplean en la planificación de obra y la incorporación de estas dentro del flujo de trabajo en un entorno BIM.

En segundo lugar, al caso de estudio seleccionado, se aplicará el flujo de trabajo, empleando la técnica Líneas de Balance y mediante el uso de herramientas BIM, para la obtención de la Planificación 4D.

Posteriormente se analizarán los resultados obtenidos enfrentados al método tradicional con el cual fue diseñado y construido el proyecto.

### **Estructura del trabajo**

El presente trabajo se desglosará en capítulos que darán respuesta de manera secuencial a los objetivos propuestos:

Introducción: Se realizará la presentación del trabajo, donde quedará definido el alcance y la metodología que se propone para su desarrollo. Se realizará un análisis del contexto actual de la temática abordada.

Marco teórico: Se establecen los fundamentos teóricos en los que se basa el trabajo. Se realiza el análisis bibliográfico de las técnicas que se emplean en la planificación de obras, específicamente las Líneas de Balance. Se hace un estudio de la implementación de la metodología BIM y los flujos de trabajo utilizados para su uso en la Planificación 4D.

Caso de Estudio: Una vez analizado el bloque teórico, esta parte estará destinada a la aplicación de los conceptos estudiados. Se seleccionará un caso de estudio para desarrollar de manera práctica el flujo de trabajo de la metodología BIM. Se realizará una breve descripción del proyecto, luego se realizará el modelado 3D mediante la herramienta Autodesk Revit, partiendo de un nivel de detalle bajo LOD 100, hasta alcanzar un modelo LOD 350. Luego se realizará la planificación 4D mediante la herramienta Autodesk Navisworks Manage.

Resultados: En este apartado del trabajo se realizará un análisis de los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología del capítulo anterior. Se realizará una comparativa de estos resultados enfrentados al método tradicional que se ha aplicado para la construcción del proyecto. Se analizará si BIM aporta algún tipo de ventajas en el ámbito de la planificación y programación de obras frente al método tradicional, con el foco en la detección y anticipación de los posibles conflictos que se pueden dar en una obra con plantas repetitivas en altura y el rendimiento de los distintos oficios que trabajan secuencialmente en la obra.

Conclusiones y recomendaciones: Una vez analizados los aspectos teóricos y prácticos propuestos en el trabajo se llegará a conclusiones específicas acerca de la implementación de la metodología BIM para la programación de obra basado en la técnica de Líneas de balance. Se aportarán recomendaciones que puedan servir de punto de partida para posteriores trabajos relacionados y para los interesados en su aplicación en la construcción de obras de tipología similar.



## **Observaciones**

El caso de estudio que se ha seleccionado para la realización del trabajo de fin de máster propuesto consiste en el proyecto de ejecución del edificio de 50 viviendas Célere Elisae Malilla, cuya promotora es Vía Célere. El proyecto fue elaborado por AIC Equip y la empresa constructora es Edicover.

Se cuenta con los pertinentes permisos para el uso del proyecto y los datos de obra para el desarrollo de este trabajo académico de suficiencia investigadora.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Planificación, programación y control de proyectos de construcción

Los procesos de planificación, programación y control pasan a desempeñar un papel principal en las empresas, ya que tienen un fuerte impacto en el rendimiento de la producción. Los estudios realizados en diversos países demuestran que las deficiencias en la planificación y en el control se encuentran entre las principales causas de la baja productividad del sector, de sus elevados sobrecostos y de la baja calidad de sus productos. Especialmente en España, la percepción del sector de la construcción sobre la necesidad y la validez de la planificación ha experimentado un cambio radical en los años de la última crisis, entre otras razones, porque existe una nueva sensibilidad al sobrecoste, cuyo control implica también el control del tiempo. La planificación es una forma de asegurar la sostenibilidad de la empresa por su capacidad para que los administradores obtengan respuestas certeras y rápidas, gracias al seguimiento de la evolución del proyecto y, eventualmente, a su reorientación estratégica (Mattos & Valderrama, 2014).

Se entiende por planificación de un proyecto y obra de construcción como el conjunto de actividades tendentes a simular la realización de un trabajo, ordenándolo de la manera más económica posible y previendo todas las acciones para la realización del mismo (Fuentes Giner, 2020).

La secuencia habitual en la planificación de proyectos acostumbra a ser:

Planificar → Programar → Controlar

En la fase de planificación, se definen los objetivos, el trabajo a realizar, los recursos disponibles, el presupuesto necesario y el plazo estimado de ejecución. Del nivel de desarrollo e información con el que se realice la definición geométrica, dependerá el nivel de planificación a alcanzar. De igual manera el nivel de estructuración jerárquica de los trabajos dependerá directamente del nivel de definición o desarrollo del objeto de proyecto.

En la fase de programación, se añade la dimensión tiempo a la planificación. Partiendo de una fecha concreta de inicio de los trabajos, se establece el calendario de ejecución del proyecto teniendo en cuenta el Convenio Laboral de la Construcción a efectos de períodos de descanso obligatorios del personal, calendario laboral en vigor y fechas señaladas de ámbito local en la zona de ubicación del proyecto. Igualmente, si así se ha previsto, se tendrán en cuenta las bonificaciones por productividad que se hayan acordado entre las partes. Se deberá estimar la duración de las actividades y tareas definidas en la fase de planificación, a partir de la designación de los recursos y asignando un orden de relación y las dependencias entre cada una de ellas. Es conveniente determinar holguras en los plazos de ejecución por los riesgos y contingencias que puedan surgir en el transcurso de la ejecución.

Por último, tras planificar y programar un proyecto, y una vez iniciada la ejecución, se debe controlar periódicamente el ritmo de producción y ajustar nuestra planificación y/o programación inicial a las posibles desviaciones que se sucedan (bien en forma de adelantos, atrasos, paralizaciones y/o modificaciones del proyecto), introduciendo las medidas correctoras necesarias y posibles dentro de las restricciones que tengamos.

### **1.1.1. Técnicas que se aplican en la planificación de obras**

En la planificación de obras se utilizan diversas técnicas para optimizar el proceso de construcción. Algunas de las técnicas más comunes son:

#### *Método de Ruta crítica (CPM)*

Es un método determinista partiendo del supuesto que se conoce con exactitud la duración exacta de los trabajos. En esta técnica se identifica la secuencia de actividades que determina la duración mínima del proyecto y se realiza la planificación teniendo en cuenta no sólo la secuencia de las actividades (precedencias), sino también la disponibilidad de los recursos (restricciones físicas). Determinar los hitos de la obra es importante para enfocar los esfuerzos en las actividades críticas y evitar retrasos. El método de la ruta crítica se ha aplicado progresivamente en la construcción, lo que ha conseguido reducir los plazos de entrega del orden del 10% al 50 % (Mattos & Valderrama, 2014).

#### *Método de PERT (Técnica de Programación, Evaluación y Revisión)*

Es una técnica probabilística que permite estimar la duración del proyecto considerando la incertidumbre en la duración de las actividades. Parte de dos suposiciones fundamentales; se puede determinar tres valores para cada duración: optimista, pesimista y más probable; la distribución de probabilidades entre estas tres duraciones es la misma para todas las actividades. También implica suposiciones para que la obtención del camino crítico probabilista sea válida. En la actualidad, los sistemas informáticos permiten utilizar otras formas de variabilidad, más adecuadas a la construcción y más flexibles.

#### *Método del Valor Ganado*

Entre los sistemas para evaluar el desempeño de los proyectos, el método del valor ganado (Earned Value Method, EVM) destaca porque ofrece información precisa a partir de la integración de los datos reales de tiempo y coste, y permite que el planificador conozca el estado del proyecto en cada momento y analice las desviaciones y las tendencias. Los indicadores de desempeño permiten prever el resultado probable del proyecto en cuanto a coste y tiempo. El EVM compara el valor del trabajo planificado con el realizado para comprobar si el comportamiento está de acuerdo con lo previsto en el cronograma. La comparación implica tres variables: valor planificado, valor ganado y coste real.

El valor ganado indica si el proyecto está consumiendo más dinero del previsto para realizar una tarea determinada debido a un incremento del coste, o si se gasta más dinero porque el proyecto en realidad va adelantado. La relación entre el valor ganado y el trabajo planificado en un período determinado permite obtener un control más preciso que el basado sólo en la comparación con el gasto.

### *Diagrama de Gantt*

Los cronogramas son herramientas gráficas que permiten visualizar fácilmente la planificación realizada mediante alguna de las técnicas mencionadas en este trabajo. El diagrama de Gantt es uno de los cronogramas más utilizados y se hace necesario destacar que no es un método de planificación ni programación, sino que constituye el entregable de los mismos. Es un tipo de diagrama de barras que se utiliza para visualizar las tareas, con sus fechas de inicio y las dependencias entre ellas. Permite identificar los hitos críticos del proyecto y controlar su avance. Es muy sencillo y de los que más se emplean en la planificación de obra: a la izquierda figuran las actividades y a la derecha sus barras respectivas, dibujadas en una escala de tiempo. La longitud de la barra representa la duración de la actividad, cuyas fechas de inicio y fin se pueden leer usando las subdivisiones de la escala de tiempo. Los diagramas de Gantt tradicionales suelen mostrar la siguiente información:

*Tabla 1: Información brindada por un diagrama de Gantt tradicional (Mattos & Valderrama, 2014).*

INFORMACIÓN	REPRESENTACIÓN
Estructura de Desglose del Trabajo (EDT)	Mediante adentrados o códigos decimales
Secuenciación	Flechas entre barras
Tipos de enlace	Por el grafismo y la disposición de las flechas
Fechas	Barras de colores y marcas
Holguras	Añadidas a las barras de flechas
Actividades críticas	En otro color o regruesadas
<i>Avance</i>	Barras de flechas reales

En el diagrama de barras se ven bien los distintos tipos de holguras, lo que permite localizar errores en la planificación, como actividades que hayan quedado desconectadas de la red. Además, es un buen punto de partida para el análisis de los recursos, la programación de la ejecución y la planificación financiera, y permite ver también gráficamente el progreso de las actividades.

### 1.1.2. Técnica de Líneas de Balance (LOB)

En la construcción hay proyectos con algunos trabajos repetitivos. Las carreteras, las viviendas en hilera y los edificios en altura son ejemplos de proyectos con características de repetitividad, en los que un núcleo de actividades se ejecuta varias veces sucesivas. Los diagramas de espacio-tiempo (time-location diagrams), también conocidos como 'líneas de balance' (line of balance), son una técnica de planificación desarrollada especialmente para este tipo de trabajo.

Las Líneas de Balance (LOB por sus siglas en inglés) representan gráficamente las actividades como una serie de líneas inclinadas que muestran su tasa de producción. Así pues, esta metodología de programación representa el cronograma del proyecto en una forma más intuitiva que otras técnicas, y es aquí donde está su gran ventaja respecto a la toma de decisiones y visualización general de la planeación (Medina, 2018).

El método de Líneas de Balance fue desarrollado por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch durante la década de 1940, para monitorear la producción en la Goodyear Tire & Rubber Company durante la Segunda Guerra Mundial. También fue utilizado exitosamente para programar la gigantesca movilización de la Marina de los Estados Unidos de Norteamérica durante ese conflicto bélico, y posteriormente en la guerra de Corea. A partir de entonces ha tenido un sinnúmero de aplicaciones en la industria de la construcción. (Loría Arcila) En países europeos como Finlandia esta técnica de programación se ha usado durante varias décadas, y en los años 30 fue posible construir el Empire State en tan solo 1 año gracias a la implementación de esta metodología de planeación.

La LOB nos permiten agrupar actividades similares en una sola línea cuya pendiente representa la tasa de producción. Entre más vertical sea una línea su tasa de producción es más alta, y por lo tanto es una actividad que demora menos tiempo. Por otro lado, entre más horizontal sea una línea, su tasa de producción es más baja, por lo que es una actividad que toma más tiempo en ejecutarse.

Mediante esta técnica podemos ubicarnos en el tiempo con bastante facilidad y estimar porcentajes de ejecución para las actividades. Esto es de extremada utilidad para situaciones en las cuales se establezca una fecha límite para la ejecución de actividades o para el proyecto en general. Por ello, entre las grandes ventajas de trabajar cronogramas con líneas de balance es la facilidad de optimizar el tiempo de ejecución de las actividades porque de manera muy gráfica e intuitiva se puede detectar posibles conflictos de obra y aprovechar los tiempos. Permite visualizar mediante el diagrama en qué momento y espacio del proyecto no se están desarrollando actividades que podrían ejecutarse o posibles interferencias entre tareas dependientes una de otra.

### 1.1.3. Comparativa de LOB frente a otras técnicas

Existe hoy en día una variedad extensa de herramientas que permiten incrementar la probabilidad de tomar mejores decisiones en cualquier organización con respecto a la planificación y programación de su productividad. Algunas de las herramientas más conocidas y empleadas en la industria de la construcción a nivel mundial son el Método de la Ruta Crítica (CPM) y el Método de PERT las cuales fueron diseñadas para proporcionar diversos elementos útiles de información del proyecto en cuestión. Con estas técnicas se determina las actividades que delimitan la duración del proyecto y mediante su monitoreo se controla el avance del proyecto.

La diferencia principal entre utilizar el CPM y el PERT es la manera en que se realizan los estimados de las duraciones de las actividades, ya que el PERT utiliza un enfoque probabilístico y la duración se define por tres estimados: optimista, pesimista y más probable; como se ha explicado anteriormente. El tiempo esperado de finalización del proyecto es la suma ponderada de todas las duraciones esperadas de las actividades de la ruta crítica.

Con estas herramientas de programación solamente se requiere un estimado de la duración de las actividades. Todos los cálculos se hacen con la suposición de que las duraciones de las actividades se conocen; o sea, se aplica un enfoque determinista. A medida que el proyecto avanza, estas duraciones se utilizan para monitorear y controlar el progreso de este. Se requiere comprender completamente la estructura y requisitos. Sin embargo, en muchos casos las limitaciones en la mano de obra y equipos hacen que la programación con estas técnicas sea difícil o que demanden una gran cantidad de tiempo para su realización (Loría Arcila,2019).

Por otra parte, estas técnicas tienen varios inconvenientes al aplicarse a proyectos de tipo repetitivo, tales como carreteras y puentes, edificios de oficinas y residenciales, o desarrollos de vivienda de interés social; los cuales pueden considerarse como procesos de fabricación continua de muchas unidades iguales, en el que se requiere un cierto periodo de tiempo para terminar cada unidad y generalmente, estas actividades repetidas tienen diferentes productividades.

Las técnicas de programación lineal son consideradas como las más adecuadas para el manejo de dicho tipo de proyectos de construcción. El método de Líneas de Balance utiliza las ventajas de CPM y PERT y no los reemplaza.

La técnica de Líneas de balance permite mostrar el trabajo que se realiza en un proyecto de construcción como una sola línea, o barra, en una gráfica, en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras. A continuación, se representa gráficamente un proyecto típico de vivienda consistente en varias unidades que requieren el mismo tipo de trabajo. Si estas actividades fuesen programadas con CPM o PERT, el correspondiente diagrama de barras sería como el que se muestra.

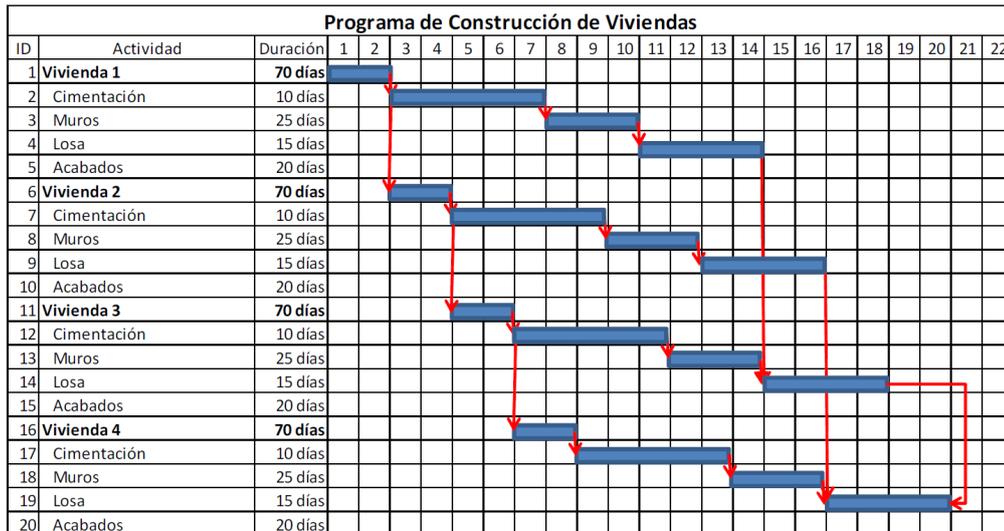


Figura 1: Representación de un programa de vivienda mediante diagrama de barras (Loría Arcila, 2019.).

Ahora bien, si el mismo proyecto se programa con la técnica de Líneas de Balance, éste se vería como se muestra a continuación:

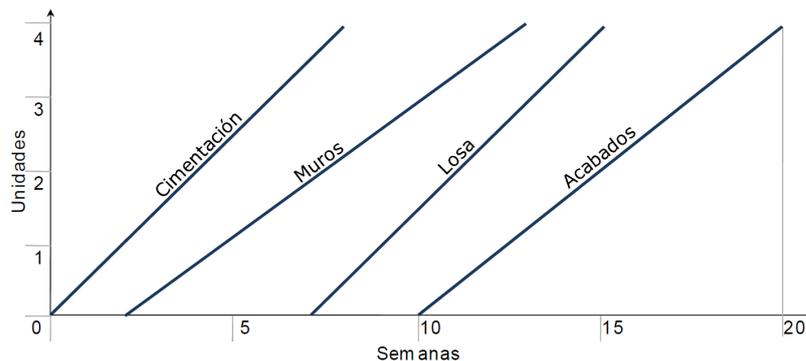


Figura 2: Programa de vivienda con Líneas de Balance (Loría Arcila, 2019.).

La diferencia entre las dos gráficas anteriores es muy significativa, pues en la de la LOB se puede consolidar un grupo de actividades similares en una sola línea y, por consecuencia, representar un gran número de actividades comunes en un documento mucho más sencillo y pequeño a la vez.

A diferencia de un diagrama de barras, que muestra la duración de una actividad particular, una gráfica de LOB muestra el “ritmo” de trabajo al cual deben ser realizadas todas las actividades que conforman el proyecto para concluirlo de acuerdo con lo programado, la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente y, si un grupo está atrasado, el impacto de este sobre el grupo posterior. En este sentido, una gráfica de LOB no muestra relaciones directas entre actividades individuales; muestra una relación de resultados entre las diferentes operaciones y cómo cada operación debe ser completada a un ritmo particular para que la subsecuente proceda al ritmo requerido.

En el diagrama de barras el eje X representa el tiempo y el eje Y el número de unidades. Sin embargo, en la LOB se pueden representar unidades de trabajo y pueden ser distintas para cada tipo de actividad. Por ejemplo, la cimentación puede graficarse el número de unidades que se ejecutan al día, la losa se puede representar indicando la cantidad de m<sup>3</sup> que se hormigonan a la semana, y así de manera similar las demás actividades.

La gráfica de la LOB también sirve para mostrar el avance real del proyecto. El ritmo de trabajo planeado de las diferentes operaciones puede ser contrastado contra sus respectivos avances reales. La fecha probable de terminación puede ser extrapolada basándose en el ritmo real de trabajo. Si el ritmo real de trabajo es menor que lo requerido, se pueden realizar los ajustes necesarios para incrementar el nivel de producción.

#### **1.1.4. Procedimiento para elaborar un programa de obra con Líneas de Balance (LOB)**

Una vez analizados los conceptos principales relacionados con la técnica de Líneas de Balance aplicado a la planificación, programación y control de obras, y las ventajas y desventajas que presenta frente a otras herramientas más conocidas y empleadas en el sector de construcción, se hace necesario estudiar el procedimiento para elaborar el programa de obra mediante esta técnica. Loría Arcila, J en el artículo Programación de obra con la técnica de Líneas de Balance recomienda una serie de pasos que se listan a continuación:

1. Preparar un diagrama lógico de actividades.
2. Estimar las horas-hombre para ejecutar cada actividad.
3. Seleccionar los tiempos de espera condicionados (buffers) que eviten el riesgo de interferencias entre actividades.
4. Calcular el rendimiento requerido en cada actividad para completar la obra en el tiempo establecido.
5. Elaborar una tabla con los cálculos necesarios.
6. Dibujar el diagrama o programa de avance, con los resultados de la tabla.
7. Examinar el diagrama y considerar la posibilidad de alternativas más "balanceadas", tales como:
  - Cambiar el rendimiento de alguna actividad (reduciendo o aumentando el número de cuadrillas a lo largo de la duración de esta).
  - Despedir alguna(s) cuadrilla(s) y recontractarla(s) más adelante.
  - Ejecutar de manera simultánea algunas actividades.

La bibliografía estudiada propone utilizar la siguiente notación:

*Tabla 2: Nomenclatura de las variables empleadas para el cálculo.*

<b>ACT</b>	Actividad a realizar.
<b>H</b>	Horas-hombre necesarias para ejecutar cada actividad.
<b>C</b>	Tamaño o número de personas necesarias para integrar una cuadrilla para cada actividad en cuestión.
<b>G</b>	Requerimiento teórico de recursos.
<b>G</b>	Asignación real de recursos.
<b>R</b>	Rendimiento teórico.
<b>R</b>	Rendimiento real.
<b>D</b>	Duración de la actividad.
<b>T</b>	Tiempo transcurrido desde el inicio de la primera sección al inicio de la última sección de una actividad.
<b>B</b>	Buffer, tiempo de espera entre actividades para que estas no se interfieran.

*Tabla 3: Criterios y fórmulas que utilizar.*

<b>Act</b>	La secuencia de actividades, o red, se determina de acuerdo a un orden lógico de interacción entre las mismas
<b>H</b>	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
<b>C</b>	Resultante de la experiencia personal, tabuladores, libros, manuales, etc.
<b>G</b>	$= (R \times H) / (h \times d)$ <p>donde: h = Número de horas que se trabaja en un día. d = número de días que se trabaja en una semana.</p>
<b>r</b>	$= (g \times R) / G$ <p>El valor de g deberá ser redondeado en función del valor de G; y siempre deberá ser múltiplo de G.</p>
<b>D</b>	$= H / (h \times C)$ <p>El valor de D deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.</p>
<b>T</b>	$= (n - 1) \times d / r$ <p>donde: n = número de unidades por construir en el proyecto. El valor de T deberá ser redondeado al número inmediato superior o inferior.</p>

En función de las variables mostradas y las relaciones matemáticas que se pueden establecer entre estas, según el procedimiento propuesto, se muestra una tabla modelo que sirve de base para la elaboración del diagrama de líneas de Balance.

Tabla 4: Tabla modelo para la elaboración del diagrama de Líneas de balance.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACT	H	C	$G = \frac{R \times H}{h \times d}$	g	$r = \frac{g \times R}{G}$	$D = \frac{H}{h \times C}$	$T = \frac{(n-1) \times d}{r}$	b
A								
B								
C								
D								
E								

Una ventaja que tiene la técnica de la LOB es que es sumamente fácil identificar si el procedimiento se está aplicando correctamente, ya que en la tabla de cálculos hay un par de columnas que nos pueden servir como "verificadores", éstas son la de Rendimiento real y la de Tiempo transcurrido del inicio de la primera sección al inicio de la última (columnas 6 y 8 respectivamente). Los valores que se obtengan, por lo general, deben fluctuar alrededor del valor del Rendimiento teórico (R).

La gráfica siguiente muestra un ejemplo de aplicación de la técnica de Líneas de Balance a un proyecto simple que consiste en la construcción de 20 bodegas idénticas.

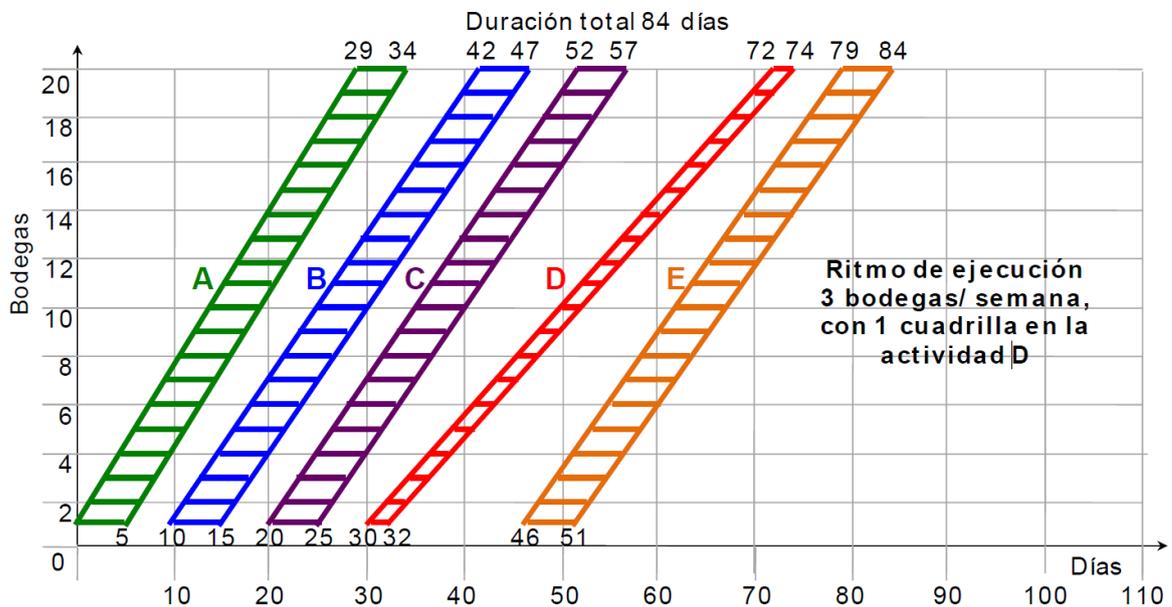


Figura 3: Gráfica de Líneas de Balance para el proyecto de construcción de 20 bodegas (Loría Arcila, 2019).

Nomenclatura de las actividades:

A=Cimentación B=Estructura metálica C=Muros exteriores D=Instalaciones E=Acabados

En la figura anterior se observa claramente que la actividad D está desbalanceada y que requiere que se tomen medidas como, por ejemplo, asignar nuevos recursos para aumentar la productividad. O bien, podría variar la cantidad de recursos asignados a lo largo de la duración de la actividad, lo cual originará líneas con pendientes diferentes a lo largo de la duración de la actividad, tal y como se muestra en la siguiente gráfica:

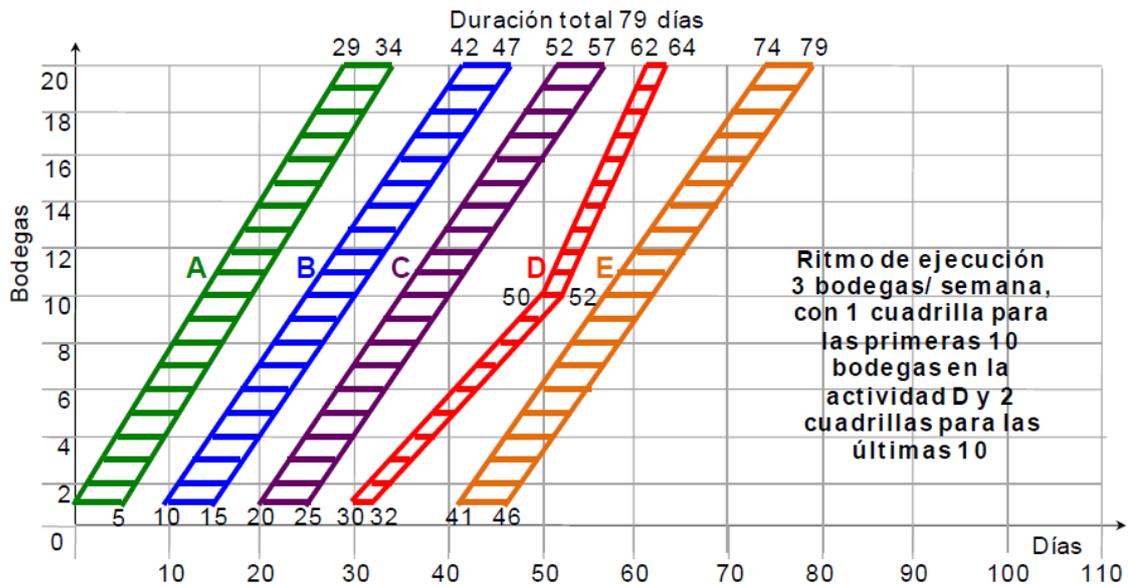


Figura 4: Gráfica de Líneas de Balance para el proyecto de construcción de 20 bodegas (Loría Arcila, 2019).

La técnica de programación de la LOB también puede ser aplicada para "acelerar" un proyecto de construcción. La principal restricción, al igual que en la utilización de otras técnicas es el poder contar con los recursos suficientes para poder ejecutar la obra a la velocidad de producción planeada.

## 1.2. Revisión del estado actual de la implementación de la Metodología BIM en España

La Directiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea sobre Contratación Pública, en su artículo 22 estableció que, para contratos públicos de obra y concursos de proyectos, los Estados miembros podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares. Antes de la publicación de la directiva europea, países como Finlandia en el 2003 y Reino Unido en 2009 y 2011, habían regulado iniciativas públicas para promover el uso de procedimientos digitales de desarrollo y gestión de información en el sector de la construcción.

En España la trasposición al contexto legislativo en lo referente a la regulación de los contratos del sector público se realiza mediante la Ley 9/2017, de Contratos Del Sector Público en su disposición adicional decimoquinta, artículo seis.

Para contratos públicos de obras, de concesión de obras, de servicios y concursos de proyectos y en contratos mixtos que combinen elementos de los mismos, los órganos de contratación podrán exigir el uso de herramientas electrónicas específicas, tales como herramientas de modelado digital de la información de la Construcción (BIM) o herramientas similares. En esos casos, ofrecerán medios de acceso alternativos según lo dispuesto en el apartado siete de la presente Disposición adicional hasta el momento en que dichas herramientas estén generalmente disponibles para los operadores económico (Ley 9/2017, de Contratos Del Sector Público, 2017).

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana creó en mayo de 2017 el Observatorio de Licitaciones Públicas Comisión Interministerial BIM (CIBIM), con el objetivo de conocer el avance de la implantación de la metodología BIM en España. El Observatorio CIBIM revisa periódicamente la publicación de licitaciones públicas en la Plataforma de Contratación del Sector Público y plataformas existentes en Comunidades Autónomas, para identificar la incorporación de requisitos BIM. En concreto, ofrece datos cuantitativos, que permiten verificar la progresión de la inclusión de requisitos BIM en los pliegos de contratación, y datos cualitativos, sobre la forma en que se incluye BIM en los contratos públicos, considerando diferentes indicadores: Usos BIM, Niveles de Información, Requisitos de colaboración, Estructuración de la Información, Estándares, Entregables.

El Observatorio CIBIM afirma en el informe nº23 correspondiente al tercer trimestre del año 2023 que la tendencia mostrada hasta ese momento del valor estimado del contrato y el número de contratos licitados con BIM, ha sido creciente desde que comenzó el registro en el año 2017.

En el transcurso del tercer trimestre del año 2023, esta tendencia se consolida al registrar un 118% de las licitaciones publicadas en el año anterior, todo ello en apenas nueve meses (Figura 5). Esto indica un incremento del 17% en comparación con el segundo trimestre de 2023 y un destacado aumento del 216% con respecto al mismo período del año pasado (Observatorio CIBIM, 2023).

Desde una óptica económica, al analizar el valor estimado de los contratos, se observa un aumento significativo. En este tercer periodo, se registró un total de 954 M€ que, añadido al montante de los meses anteriores, representan un destacado 98% del total recogido en el año anterior (Figura 6). Además, al contrastarlo con el tercer trimestre de la anualidad pasada, refleja un 119%.

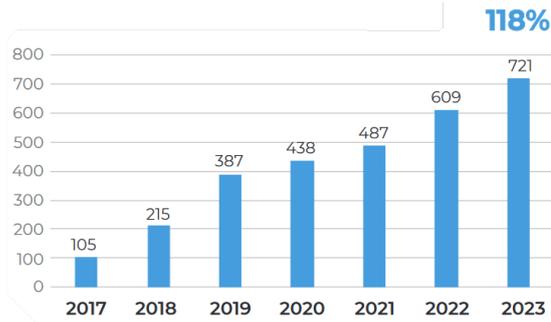


Figura 5: Evolución del número de licitaciones.

Fuente: Observatorio CIBIM Informe n°23.



Figura 5: Evolución Inversión acumulada (valor estimado del contrato).

Fuente: Observatorio CIBIM Informe n°23.

La solicitud de los Usos BIM en las licitaciones con contenido BIM empieza a ser una constante y una referencia a considerar del nivel de madurez de los pliegos de condiciones técnicas. Se han solicitado en casi el 30% de las licitaciones analizadas este trimestre. Se observa un aumento en la comprensión sobre la necesidad de definir los usos BIM en las licitaciones examinadas. Además de la Coordinación 3D, se resaltan la Visualización y la Obtención de mediciones/presupuesto, que están presentes en más del 90% de los casos analizados. La Simulación constructiva y la Planificación de Obra tienen una presencia notable con 77.6 % y 61.7 % respectivamente.

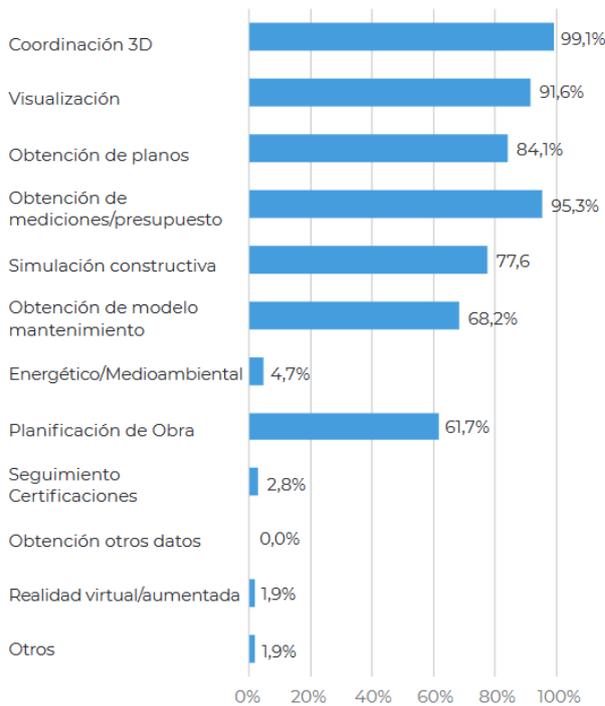


Figura 6: Porcentaje de licitaciones que establecen diferentes usos BIM.

Fuente: Observatorio CIBIM Informe n°23.

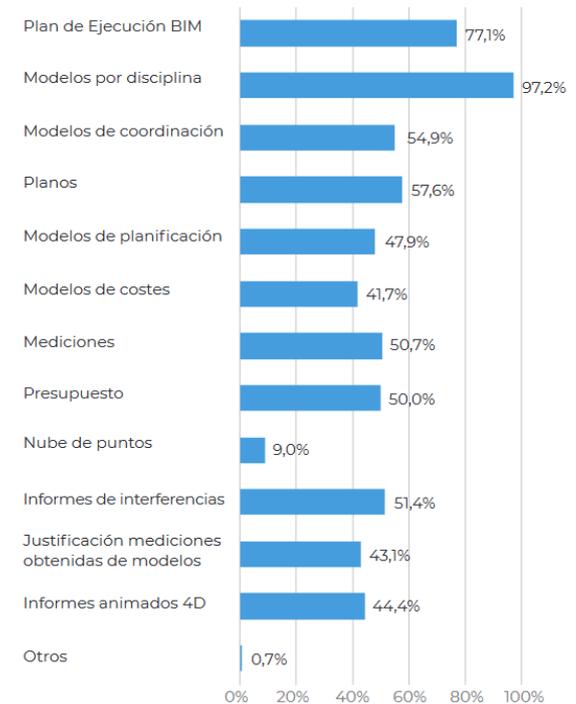


Figura 7: Porcentaje de licitaciones que solicita la elaboración de los entregables.

Fuente: Observatorio CIBIM Informe n°23.

Si los Usos BIM se refieren a cómo se planea utilizar el BIM en las diversas etapas del proyecto, los Entregables son el resultado tangible que se espera. Dentro de los posibles entregables, los modelos

por disciplina son los que más se citan en los pliegos, presentes en el 97% de los casos, junto con el Plan de Ejecución BIM, en el 77%. Mientras que los modelos de planificación y los informes animados 4D son citados en el 47,9 % y el 44,4 % de los casos respectivamente.

Según los datos del Observatorio CIBIM en su informe citado anteriormente, la comunidad autónoma con mayor número de licitaciones promovidas por administraciones autonómicas, locales y diputaciones provinciales es Cataluña con 197 licitaciones, seguidas por Madrid y por la Comunidad Valenciana con 108 y 76 respectivamente.

En la evolución anual, en los contratos tanto relativos a Diseño como a los de Ejecución de obra, se observa un ascenso del peso del uso de BIM dentro de la valoración de la oferta alcanzando un máximo histórico con una representación de 11% del total de la puntuación (Figura 8)



Figura 8: Evolución de la Valoración de BIM por tipos de proyecto.

Fuente: Observatorio CIBIM Informe n°23.

### 1.2.1 Plan BIM en España. Estrategia gubernamental para su implementación

Los ahorros potenciales por el uso de BIM han sido cuantificados por el EU BIM Task Group en el “Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo” el cual estima que la digitalización de los procesos de ingeniería, construcción y explotación podría suponer unos ahorros del 10%-20% del gasto en construcción de los proyectos de edificación y de infraestructuras (EU BIM Task Group, 2019).

El 27 de junio de 2023 se aprueba el Plan de Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado. Este documento fue elaborado por la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública (CIBIM), con el doble objetivo de mejorar la eficiencia del gasto público en los contratos del sector público, y a su vez, servir de palanca para la transformación digital del sector de la construcción. Así mismo, contribuye a aumentar la calidad de los proyectos de construcción y reducir los plazos de ejecución

de obra. Mejora, además, la colaboración entre los diferentes agentes que intervienen en las distintas fases del proyecto.

### Niveles BIM

Es importante destacar que el Plan BIM España establece un calendario progresivo para la implantación de la metodología BIM en los contratos públicos:

Tabla 5: Aplicación gradual del Plan BIM. Fuente: Plan BIM en la contratación pública (Mitma, 2023).

UMBRALES DE VALOR ESTIMADO	FECHA DE SOLICITUD OBLIGATORIA			
	1 abr 2024	1 oct 2025	1 oct 2027	1 abr 2030
IGUAL O SUPERIOR A 5.382.000 €	NIVEL INICIAL	NIVEL MEDIO	NIVEL AVANZADO	NIVEL INTEGRADO
INFERIOR A 5.382.000 € E IGUAL O SUPERIOR A 2.000.000 €	NIVEL RECOMENDADO INICIAL	NIVEL INICIAL	NIVEL MEDIO	NIVEL AVANZADO

A los efectos de consecución gradual y progresiva del objetivo de este Plan, se establecen cinco niveles BIM en la gestión de la información de un contrato del sector público. Los niveles BIM son graduales, en nivel creciente de aplicación BIM. Cada nivel se define por un conjunto de requisitos mínimos, agrupados en cuatro categorías: estrategia, procesos, soporte tecnológico y personas.

- Nivel BIM Previo (No BIM)
- Nivel BIM Inicial
- Nivel BIM Medio
- Nivel BIM Avanzado
- Nivel BIM Integrado

En el anexo 1 de este documento se muestra la Tabla de niveles BIM publicada en el Plan BIM, la cual define los niveles a alcanzar en cada hito del plan y recoge la descripción de requisitos que deben solicitar los órganos de contratación para cada nivel BIM. Esta Tabla sirve como hoja ruta, en la AGE y el sector público estatal, para coordinar la incorporación gradual de BIM en la gestión de la información de un contrato público, y también puede emplearse por los órganos de contratación como referencia de las acciones a emprender para la completa implantación de BIM en sus contratos; además puede ser una referencia útil también para el sector privado a la hora de comprender una implantación de BIM.

### *Actuaciones para la incorporación de BIM en la contratación pública*

De acuerdo con el art. 2 del Real Decreto 1515/2018, la Comisión Interministerial BIM tiene como fin impulsar y garantizar la coordinación de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, en la incorporación de BIM en la contratación pública. La Comisión Interministerial actuará, por lo tanto, como facilitador de este proceso de implantación y realizará diversas actuaciones agrupadas en cuatro categorías principales, las mismas que se emplean para identificar los niveles BIM: estrategia, personas, procesos y soporte tecnológico. Estas medidas se alinean con la experiencia de otros Estados miembros de la Unión Europea, y con los avances europeos en esta materia.

En el ámbito estratégico la CIBIM realizará actuaciones de acompañamiento a los ministerios. Se creará una oficina que centralice la coordinación, el seguimiento y la comunicación del Plan BIM (Oficina BIM). Se ocupará en concreto de la resolución de dudas que puedan surgir, acompañamiento en proyectos piloto, fomentará estudios o informes sobre los avances. La oficina BIM se encargará del intercambio de experiencias, concertación de actuaciones para la implantación de BIM, y promoción de la participación de la PYME, especialmente de las microempresas en el programa de cambio.

Relacionado con la línea de personas, la Comisión Interministerial BIM realizará actuaciones de divulgación, formación de las personas que vayan a trabajar con BIM, incluido la incorporación de conocimientos en los temarios de las oposiciones para el ingreso en la Administración General del Estado, así como la promoción en la formación reglada y analizar los planes de estudios universitarios y de formación profesional.

En cuanto a la línea de procesos BIM propone un cambio del modelo de trabajo de una organización, pasando de trabajar con un conjunto de planos individuales a trabajar sobre diferentes modelos digitales donde cada agente aporta sus datos. Por lo tanto, será necesario redefinir los procesos y los procedimientos de trabajo de cada Departamento u Organización. Para poder establecer una estandarización en la forma en que se aplicará BIM, la CIBIM realizará diferentes actuaciones. Se encargará de analizar el marco regulatorio europeo nacional aplicable a BIM y promover su utilización. Se elaborará una guía para la contratación pública con requisitos de información BIM, que servirá tanto para la redacción de la documentación de la licitación de contratos como para el seguimiento y finalización de los contratos.

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) juegan un papel fundamental para la implantación y la utilización de BIM en la gestión de la información en los contratos del sector públicos relacionados con la construcción, contribuyendo de forma significativa en la mejora de eficiencia, colaboración y toma de decisiones. Si bien cada Departamento u organización tendrá

necesidades de tecnologías de la información diferenciadas y específicas en función de la utilización que haga de BIM y del volumen de contratos BIM que gestione, la Comisión Interministerial BIM apoyará a éstos a través de la evaluación de necesidades TIC. Se analizará la posibilidad de establecer un entorno común de datos a nivel AGE adaptados a los casos de uso y con las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los datos y las condiciones de uso. La CIBIM realizará el seguimiento de los avances en estándares abiertos sobre BIM tales como IFC, BCF y COBie. Se creará un portal tecnológico dentro de la web de la CIBIM para difundir toda la información técnica de estándares abiertos, formatos, protocolos, sistemas de clasificación, librería de objetos o herramientas, así como guías o ejemplos sobre los aspectos tecnológicos que puedan ayudar a los interesados en la adopción de BIM y, en concreto, su utilización en la AGE.

#### *Seguimiento y revisión del Plan*

Como parte del seguimiento y revisión del Plan, la Comisión Interministerial, con una periodicidad anual, antes del 30 de junio de cada año, publicará en su página web un informe sobre la evolución de la incorporación de BIM en la contratación pública durante el ejercicio anterior. En el informe se incluirá indicadores sobre la solicitud de requisitos BIM, sobre la participación de PYME y dificultades encontradas; aspectos jurídicos, evolución de ejecución de acciones de la Comisión Interministerial BIM y avance general de nivel BIM.

### **1.3. BIM 3D Modelado de la información de proyecto**

BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de proyectos de edificación u obra civil a través de un modelo de información digital creado y compartido por todos los agentes que intervienen en el proceso de proyecto y de construcción de un activo. BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). Centraliza toda la información correspondiente a éste, para todas las disciplinas, y durante todo su ciclo de vida.

La metodología BIM supone una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de la edificación y las infraestructuras: permite construir de una manera más eficiente, reduciendo costes al tiempo que permite a proyectistas, constructores y demás agentes implicados trabajar de forma colaborativa.

Desde el punto de vista institucional, el uso de la metodología BIM facilita una política de construcción y edificación sostenible, y contribuye a la eficiencia del gasto público, y puede incrementar la competitividad del sector de la construcción en España (Comisión Interministerial BIM, 2023).

### 1.3.1. Niveles de desarrollo del modelo LOD

Durante la evolución de un proyecto de construcción se distinguen cuatro fases principales teniendo en cuenta la contratación: Diseño, Licitación, Construcción y Explotación. La implementación de la metodología BIM requiere que se modifique el método tradicional de contratación en España a un modo integrado que permita la colaboración y participación desde el primer momento entre todos los agentes que interviene, o bien, otras formas alternativas que pretenden la contratación conjunta de algunas de las fases Diseño-Construcción o Construcción-Explotación.

BIM como metodología de trabajo colaborativo, bidireccional, integrador, presente en todas las fases del proyecto está posibilitando que cada vez sea más frecuente el desarrollo de proyectos de forma integrada en lugar de la forma secuencial.

De la misma manera que el proyecto se divide en fases, tal y como se ha explicado anteriormente, el modelo de información digital va aumentando en nivel de detalle. Es por ello por lo que se definen varios “Levels of Development” (LOD). Esta clasificación permite estandarizar la cantidad de información necesaria y fue ideada por la empresa Vico Software con el sistema Model Progression Specification, asemejando la cantidad de información total necesaria para una pieza en determinados momentos del tiempo a la requerida para avanzar el modelo, coste o planificación de esa construcción, extrapolar esta idea al resto de los usos que se le pudieran asignar al modelo (Cerdán Castillo & Oliver Faubel, 2020).

A continuación, se describen los cinco niveles con el que se desarrolla un modelo y sus requisitos mínimos, en alineación con el AIA y su documento E202 – 2008 Building Information Modeling Protocol Exhibit. El nivel de desarrollo es acumulativo y debe progresar desde LOD 100 en el diseño conceptual hasta LOD 400 al finalizar la construcción, mientras que LOD 500 se ajusta a la fase de explotación y mantenimiento. El nivel de desarrollo del modelo (LOD) describe el nivel de detalle con el que se desarrolla un modelo y sus requisitos mínimos. El Nivel de Desarrollo es acumulativo y debe progresar desde LOD 100 en el Diseño Conceptual hasta LOD 400 al finalizar la Construcción. El Nivel de Desarrollo DDC se ha desarrollado en alineación con el AIA – Documento Anexo E202 (Bloomberg et al., 2012).

*LOD 100:* Los modelos LOD 100 incluyen elementos como masas y se utilizan para estudios preliminares, como el diseño conceptual y la fase general del proyecto. Se pueden realizar análisis en función de su ubicación y orientación. Se obtienen cantidades como el área y el volumen totales.

*LOD 200:* Los modelos LOD 200 incluyen elementos que han sido reemplazados por componentes genéricos. Se pueden realizar análisis basados en sistemas generales y obtener cantidades de elementos específicos. Los diferentes elementos de construcción se modelan como componentes

genéricos. Las principales características de los componentes son su espesor y ancho, lo que permite un rápido despegue.

*LOD 300:* Los modelos LOD 300 incluyen elementos en los que los componentes genéricos han sido reemplazados por conjuntos de elementos completamente definidos. Se pueden realizar análisis basados en sistemas específicos. Los diferentes componentes tienen características bien definidas; por lo tanto, se puede realizar un cálculo más específico y se obtiene cantidades de materiales. En LOD 300, el modelo se puede aprovechar para la generación de documentos de construcción y planos de taller tradicionales. El modelo se puede utilizar también para análisis como: rendimiento energético, choque y costo.

*LOD 400:* Los modelos LOD incluyen elementos que son precisos en términos de tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación con información completa de fabricación, ensamblaje y detalles. En este nivel, el modelo también puede tener información no geométrica (3D), como texto, dimensiones, notas, detalles 2D, etc. En LOD 400 el modelo es una representación de los elementos propuestos. Se pueden realizar análisis como: rendimiento energético, detección de conflictos y secuenciación y costo.

*LOD 500:* Los modelos LOD 500 incluyen elementos modelados tal como se construyeron. Los elementos se modelan con precisión en tamaño, forma, ubicación y orientación. Los atributos físicos o no geométricos se incluyen como parámetros de la forma geométrica. En este nivel, la granularidad del modelo es similar a LOD 400, con la excepción de que los elementos se modelan tal como se construyeron. En LOD 500, el modelo se puede utilizar para operaciones y mantenimiento.

El grupo de trabajo BIM Forum en el documento “Level of Development Specification” define un sexto nivel LOD 350. La propuesta de creación de este nivel intermedio se justifica porque alcanzar el nivel 400, con todas las instrucciones de fabricación, ensamblaje o construcción, de todas las partes del modelo, requiere de un esfuerzo enorme, que no siempre se ve compensado, sobre todo si el modelo no se va a utilizar para temas de fabricación. Sin embargo, en ocasiones se debe aportar más información a algunas partes del modelo que se encuentran en un nivel de definición LOD 300 para poder realizar otros usos, como sería una detección de colisiones o una valoración más precisa que la aportada por un LOD 300 para licitar una obra.

*LOD 350:* El elemento del modelo, tal como fue diseñado, se representa gráficamente dentro del Modelo de manera que se pueda medir su cantidad, tamaño, forma, ubicación, orientación e interfaces con elementos del modelo adyacentes o dependientes (BIMFORUM, 2023). El LOD 350 se diferencia del LOD 400 en que en este último reside la información de montaje, fabricación e instalación. Por otra parte, la diferencia entre el LOD 300 y el LOD 350 es que en este último se pueden calcular interferencias con otros elementos del modelo.

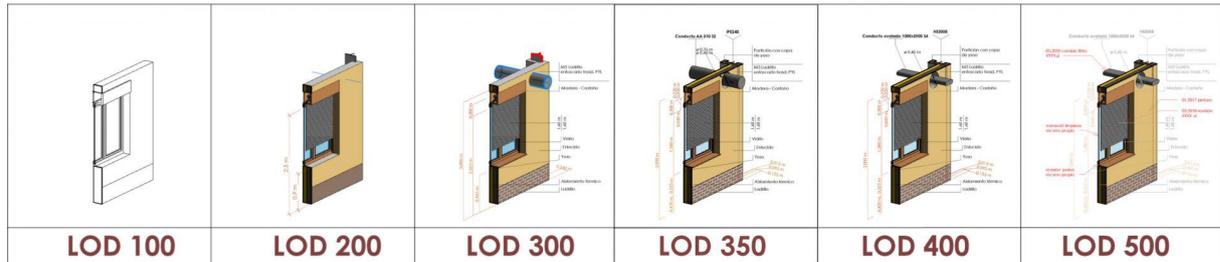


Figura 9: Niveles de Desarrollo en BIM (LOD). Fuente: <https://koalaarchitecture.com/niveles-de-desarrollo-en-bim-lod/>

Es importante destacar que existen además otras clasificaciones. Se suele interpretar LOD como Nivel de Desarrollo y Lod o LoD como nivel de detalle, haciendo referencia en este último caso a la información gráfica, apareciendo otras métricas como LoI, para Niveles de Información (no gráfica). Incluso, en otras culturas, han aparecido otras escalas, como los grados de definición o los niveles de precisión o coordinación. Lo importante es entender que en cada proyecto es necesario definir la cantidad y tipología de información que debe estar asociada a cada parte del mismo, concretándola bien, independientemente del estándar que se utilice.

### 1.3.2. Usos BIM

Al comenzar el proceso de desarrollo del proyecto de construcción se debe tener claro los objetivos del mismo y se debe definir los USOS BIM que serán adecuados para alcanzar tales objetivos y en función de esto, identificar las herramientas tecnológicas necesarias.

Los USOS BIM responden a la pregunta ¿Para qué se hace BIM? Como se ha analizado anteriormente, el desarrollo del proyecto pasa por diferentes fases y existirán, entonces, USOS BIM para los objetivos definidos en cada fase.

Las dimensiones de BIM (nD BIM) están muy relacionadas con la definición de los USOS BIM, porque son conceptos que se emplean para determinar para qué se va a usar el modelo. Esta clasificación surge a partir de la idea de las tres dimensiones del modelo y al ir añadiéndole diferentes usos, surgen otras dimensiones del modelo.

- **BIM 3D:** Modelo 3D necesario para la fase de diseño.
- **BIM 4D:** Planificación 4D aparece cuando se le añade información relativa al tiempo, que permite calcular la duración de la obra y a partir de este, su planificación, programación y control.
- **BIM 5D:** Si al modelo anterior se le añade la variable económica, se tiene entonces, el modelo 5D que permite calcular costes y, junto con el tiempo, hacerlo en cada momento del proyecto y conocer la variación de costes en tiempo real.
- **BIM 6D:** Se refiere a modelos con información suficiente que permita realizar análisis o simulaciones desde el punto de vista energético.

- **BIM 7D:** Es el modelo “As Built” que se emplea para la explotación y mantenimiento del edificio.

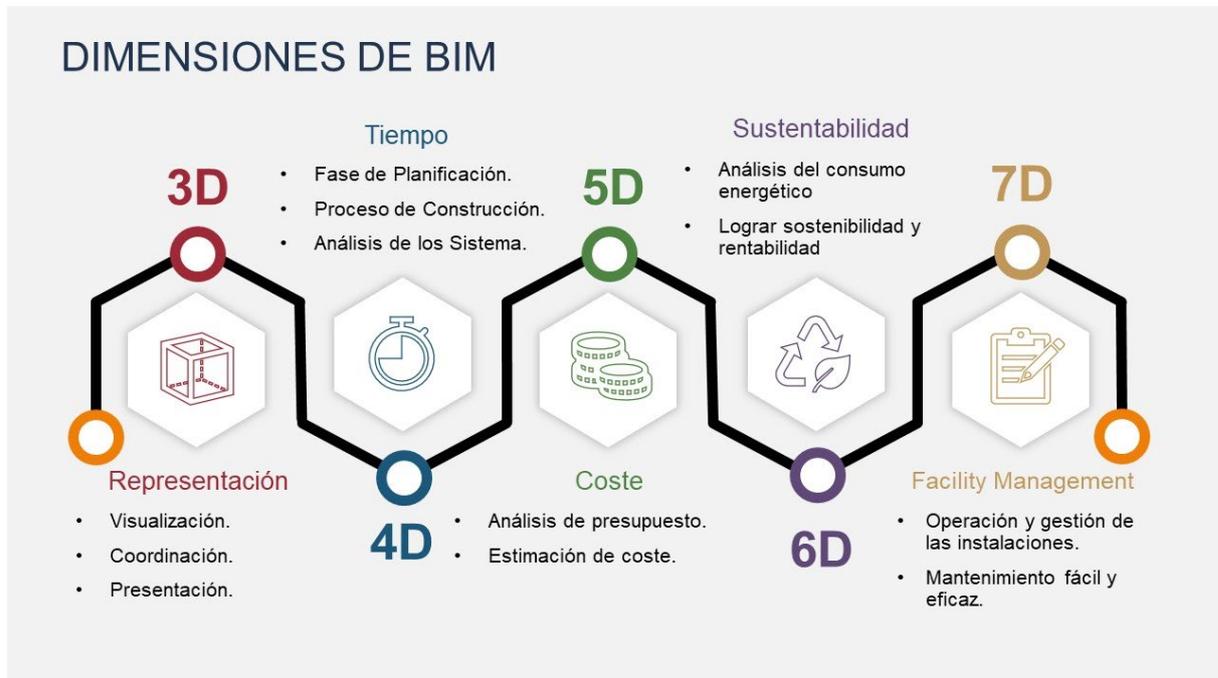


Figura 10: Dimensiones BIM. Fuente: <https://es.cadbimsurveys.com/entiende-dimensiones-bim>.

Para conocer un listado con los usos del modelo BIM más representativos, se aconseja consultar la guía publicada por la Universidad de Pensilvania, “BIM Project Execution Planning Guide” (BPEPG). En dicha guía aparecen 21 usos, a continuación, se listan algunos de ellos:

- **Planificación del sitio de obra:** Proceso en el que se representa gráficamente, tanto instalaciones temporales, como permanentes durante las distintas fases del proceso de construcción.
- **Diseño de los sistemas de construcción:** Proceso en el cual se utiliza un software de diseño 3D para diseñar y analizar la construcción de un sistema constructivo complejo.
- **Control de replanteos:** Proceso para el control de replanteos en obra basados en modelos digitales donde, por ejemplo, una estación total podría determinar si se ha alcanzado un nivel de excavación correcto o si una pieza de encofrado está situada en su posición correcta.
- **Coordinación 3D:** Proceso para la detección de colisiones entre elementos del modelo. El propósito pasa por eliminar la mayor cantidad de conflictos antes de su construcción o su instalación.
- **Diseño de autor:** Proceso en el cual a través de softwares 3D se crean modelos de información de la construcción basados en los criterios de diseño que se ha establecido. Además de la creación, en este proceso también existirán análisis.

- Revisión del diseño: Proceso en el que los integrantes del proyecto revisan el modelo 3D para proporcionar comentarios y poder así validar los aspectos del diseño.
- Análisis energético: Proceso llevado a cabo en la fase de diseño de instalaciones en el que los programas de simulación energética usarán el modelo BIM para evaluar energéticamente el diseño del edificio. Se busca su optimización para reducir los costos que se producirán durante el ciclo de vida.
- Análisis estructural: Proceso en el que un software de modelado analítico utiliza el modelo resultado del uso BIM Diseño de autor para determinar el comportamiento del sistema estructural. De esta manera se podrá desarrollar y perfeccionar su diseño.
- Programación de obra: Proceso en el que a través de un modelo 4D se planifica la fase de construcción obteniendo la secuencia temporal de ejecución de requisitos de espacios necesarios para llevarlos a cabo.
- Control de costes: Proceso a través del cual se obtendrán mediciones precisas del modelo para poder realizar estimaciones de costes durante todo el ciclo de vida del proyecto. De esta manera será posible evaluar a partir de las estimaciones el impacto económico de cualquier cambio.
- Modelado del estado actual: Proceso a través de cual se obtiene un modelo 3D de las condiciones existentes.
- Gestión de espacios: El modelo BIM permitirá analizar el uso existente del espacio y gestionar adecuadamente los cambios en la clientela, el uso del espacio, y los cambios futuros a lo largo de la vida de la instalación.
- Gestión de activos: El modelo BIM contendrá al detalle toda la información de un edificio ya construido y llevar las operaciones del activo y su mantenimiento.

### 1.3.3. Requisitos generales para el modelado BIM

Para el inicio de un proyecto de construcción con el empleo de la metodología BIM, es necesario realizar el Plan de Ejecución BIM (BEP). Es el documento más importante, indica de forma global los detalles de implementación de la metodología BIM a través de todo el proyecto, definiendo el alcance de la implementación, los procesos y tareas BIM, intercambios de información, infraestructura necesaria, roles y responsabilidades. El BEP contiene la planificación, seguimiento y control de las diversas tareas relacionadas con los modelos y flujos de trabajo BIM que deben llevar a cabo los distintos miembros del equipo de proyecto.

EL BEP es un documento único para cada proyecto, es transversal para todas sus fases y debería ser redactado y dirigido por alguien transversal a todas las fases: el promotor o un agente que actúe a encargo del promotor.

La Guía de usuarios BIM. Documento 1- Parte General, 2014 describe de manera global los requisitos básicos para el uso de BIM en proyectos de construcción y otras cuestiones que han de tenerse en cuenta para el desarrollo de los proyectos. El Plan de Ejecución BIM ha de definir la forma en que estos requisitos se aplican en función del alcance y los objetivos del proyecto.

### *Software*

Para el modelado, puede usarse cualquier software que posibilite exportar el modelo en el formato IFC. Los diseñadores necesitan especificar todo el software BIM a utilizar, así como sus versiones y que versión de IFC soportan en los documentos de licitación. En algunos casos, el cliente puede especificar el software usado en el proyecto. Por ejemplo, hay constructoras que desarrollan sus propios procesos BIM en torno a soluciones de software diseñadas específicamente, que requieren el uso de esas herramientas específicas. Por otra parte, el cliente puede solicitar software específico si el proyecto tiene unos requisitos de modelado excepcionales o si, por ejemplo, hay procesos de desarrollo en paralelo del proyecto.

### *Liberación del modelo*

Todos los modelos liberados durante el proceso deberán estar exportados a IFC. Puede ser requerido algún fichero en formato nativo de forma adicional. Al final del proyecto todos los documentos serán entregados al cliente y está facultado para usar los modelos en los mismos términos que los documentos de un proyecto tradicional. Todas las partes y componentes del modelo que no sean relevantes para el diseño deberán ser eliminados. Esto incluye también a los modelos enlazados o referenciados de otras disciplinas. Cada modelo debe contener solamente los elementos propios creados o añadidos en su disciplina.

### *Coordenadas y unidades*

Se recomienda que la base de coordenadas se ubique en una zona positiva del primer cuadrante XY (cuadrante Norte---Este), y que el origen de coordenadas se ubique cerca del área de dibujo. Las coordenadas se establecen habitualmente por el arquitecto. No se recomienda usar coordenadas o referencias municipales o estatales, porque el punto base puede estar situado muy lejos del área de modelado y suele causar problemas en muchos softwares de diseño. Las alturas de cada edificio se referencian en coordenadas absolutas respecto al sistema de coordenadas inicial, aunque es posible acordar otra cosa que sirva mejor al proyecto. El sistema de coordenadas será acordado y documentado al principio del proyecto y no puede ser modificado durante el proyecto sin causa justificada. Cualquier cambio debe ser aprobado por todas las partes y por el director del proyecto. La unidad de medida usada en BIM es los metros. Los ángulos se documentarán siempre con dos decimales.

Tras la definición del sistema de coordenadas, es obligatorio comprobar la compatibilidad entre las distintas disciplinas. Para esta comprobación, se puede usar un modelo sencillo de cuatro paredes con todas las disciplinas, creando varios pilares y algunos elementos MEP, para que se vean claramente en las diferentes disciplinas. Adicionalmente durante el proceso de modelado, es preciso asegurar que la posición XY y el ángulo con el norte de los dibujos 2D generados desde los modelos se ajustan correctamente.

### *Precisión del modelo BIM*

Hay que plantear el modelado como un modelo evolutivo, por lo tanto, las bases de construcción de los diferentes modelos deben ser lo más estable y con criterios lógicos definidos. El modelo puede ser creado utilizando dimensiones nominales para componentes del modelo. Por ejemplo, en el modelo BIM arquitectónico las puertas y las ventanas pueden ser modeladas sin las necesarias holguras de montaje, que podrá añadirse en fases posteriores. En las etapas más avanzadas de detalle, todos los componentes serán modelados con dimensiones reales.

La precisión de las dimensiones en los elementos de construcción debe asociarse con el uso al que se va a destinar el modelo. Por ejemplo, si el modelo arquitectónico es usado para análisis energético, las paredes deben estar conectadas entre ellas, tener los datos analíticos (coeficiente de transmisión térmica, etc.), porque un pequeño hueco puede interferir significativamente en la simulación. Los requisitos de precisión deben ser acordados entre todas las disciplinas, y todas las disciplinas deben cumplirlos en la práctica.

### *Los edificios, niveles de suelo y divisiones.*

Una regla básica es que todas las disciplinas usen un método de modelado donde el modelo se divide por niveles de suelo (plantas) y que todos los elementos del modelo pertenezcan al nivel correcto, aunque los programas de modelado permiten otros enfoques. Hay muchas razones para esto: los análisis basados en el modelo suelen estar hechos por niveles, las obras de construcción suelen gestionarse por plantas, y en la gestión del edificio, los servicios y la propiedad también usa la división por plantas.

Cada edificio separado debe ser manipulado y entregado como un modelo independiente. Si fuera necesario, el edificio puede ser dividido en múltiples partes, siempre con el acuerdo entre los miembros del equipo de proyecto.

### *Modelos de trabajo*

Los modelos de trabajo son un medio flexible y rápido de intercambio de información de diseño entre los miembros del equipo, y para representar las intenciones de las soluciones de diseño, reservas de espacio, detalles específicos, etc. En un proyecto BIM bien organizado, en su lugar los modelos son

archivados regularmente en un almacén compartido. El ciclo de actualización se determina por la fase y las necesidades del proyecto, y típicamente abarcan entre una y cuatro semanas. Estos modelos no tienen que ser totalmente auditados y son adecuados exclusivamente para usos limitados.

#### **1.4. Planificación y programación temporal de proyectos BIM 4D**

En un proyecto desarrollado en BIM, el nivel de detalle de la planificación y programación irá directamente condicionado por el nivel de desarrollo (LOD) del modelo 3D del proyecto. La planificación 4D se puede realizar desde etapas tempranas de proyecto, a medida que este avanza y las distintas disciplinas van incorporando información, la programación y planificación se puede desarrollar de manera paralela incorporando mayor precisión.

El verdadero potencial de BIM 4D es cuando el modelo alcanza un LOD 350, con toda la información necesaria para su ejecución, y la obra iniciada. Se pueden llegar a simular procesos constructivos a niveles de detalle equivalentes a la realidad. Constituye una herramienta muy útil para definir los métodos de trabajo y los medios auxiliares necesarios para las actividades constructivas, la organización de obra el diseño de las facilidades temporales y sus modificaciones durante el avance de la obra. Permite determinar con antelación posibles interferencias entre las tareas y así corregir y optimizar los procedimientos.

##### **1.4.1. Flujo de trabajo para la planificación BIM 4D**

El documento BIM Para la Arquitectura Técnica, Guía Técnica, publicado por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España en el año 2020 en su apartado dedicado a la Planificación, Programación y Control de Proyectos con Metodología BIM, contiene algunas consideraciones relacionadas con el flujo de trabajo establecido para la implementación del BIM 4D en el entorno colaborativo.

El propio especialista y responsable de la planificación y programación del proyecto, es quien debe preparar el modelo 3D para su uso BIM 4D. Desde estadios iniciales se puede comenzar a organizar temporalmente el proceso de ejecución en grandes lotes constructivos y asignar un inicio y un fin de ejecución con sus plazos necesarios. A medida que evoluciona la información del modelo 3D y realizada la vinculación con el modelo 4D, este se va actualizando y se puede ir estableciendo el orden de ejecución y dependencia entre los lotes, o agrupamientos de elementos constructivos.

Se debe crear un parámetro específico de proyecto que identificará la parte con la tarea de programación. El valor de este parámetro será diferente para cada parte en la que se haya dividido el modelo BIM. Luego se debe enlazar el parámetro creado con la programación. Dependiendo del

software específico o generalista que se utilice para la planificación y programación, el flujo de trabajo varía. En cualquier caso, este procedimiento debe estar especificado en el Plan de Ejecución BIM, así como las herramientas a utilizar.

El documento BIM Para la Arquitectura Técnica, Guía Técnica, publicado por el Consejo General de la Arquitectura Técnica de España en el año 2020 en su apartado dedicado a la Planificación, Programación y Control de Proyectos con Metodología BIM, contiene algunas consideraciones relacionadas con el flujo de trabajo establecido para la implementación de BIM 4D en el entorno colaborativo.

El propio especialista y responsable de la planificación y programación del proyecto, es quien debe preparar el modelo 3D para su uso BIM 4D. Desde estadios iniciales se puede comenzar a organizar temporalmente el proceso de ejecución en grandes lotes constructivos y asignar un inicio y un fin de ejecución con sus plazos necesarios. A medida que evoluciona la información del modelo 3D y realizada la vinculación con el modelo 4D, este se va actualizando y se puede ir estableciendo el orden de ejecución y dependencia entre los lotes, o agrupamientos de elementos constructivos.

Se debe crear un parámetro específico de proyecto que identificará la parte con la tarea de programación. El valor de este parámetro será diferente para cada parte en la que se haya dividido el modelo BIM. Luego se debe enlazar el parámetro creado con la programación. Dependiendo del software específico o generalista que se utilice para la planificación y programación, el flujo de trabajo varía. En cualquier caso, este procedimiento debe estar especificado en el Plan de Ejecución BIM, así como las herramientas a utilizar.

a. Si se emplea un software generalista configurado para la planificación y programación, se debe vincular la información del modelo con la aplicación a utilizar, mediante ficheros de intercambio de datos tipo txt o csv (por ejemplo).

b. Si se trabaja con aplicaciones específicas tipo Primavera o MS Project, se debe asignar el mismo valor del parámetro a las tareas programadas.

c. Si es el caso de un software específico BIM para planificación y programación, se realiza agrupamientos mediante filtros de selección que se corresponderán con las partes en las que se ha dividido el modelo 3D. Y cada uno de estos grupos tendrá asignado el valor del parámetro del modelo 3D. De esta manera, la designación de los elementos constructivos que van en el mismo grupo de ejecución se actualizará mediante el valor común del parámetro, aun cuando el modelo sufra modificaciones o añadidos.

d. Si se trabaja con software BIM 4D y con programas específicos tipo Primavera o MS Project, se puede importar la programación realizada en estas aplicaciones y enlazarla con los grupos de selección realizados, mediante el valor del parámetro asignado.

### 1.4.2. Herramientas y softwares BIM que se utilizan en la Planificación 4D

A continuación, se muestra un listado de algunos de los softwares empleados en el ámbito profesional para el USO BIM 4D y sus principales características (Fuentes Giner, 2020).

Se debe destacar que la fase de cálculo y elaboración de la técnica de planificación y programación no se desarrolla dentro de este conjunto de programas, sino que tomando como base la información del modelo 3D (mediciones, unidades de obra), se programa directamente el orden y tiempos de ejecución.

#### *Software de modelado BIM que integra 4D en la misma aplicación*

- Edificius de ACCA Software. Incorpora la gestión de la programación temporal y económica del proyecto en la misma aplicación con la que se modela, por lo que el uso de la información se hace de forma nativa, sin necesidad de interoperar con otras aplicaciones, aunque Edificius también puede importar ficheros de distintos orígenes. ACCA Software tiene, además, un programa específico para la planificación y programación de proyectos, PriMus KRONO, independiente de Edificius y que puede interactuar con él y con otros programas BIM 4D.

#### *Software aglutinador que incorpora BIM 4D*

- Navisworks de Autodesk. Entre las tres opciones de licencia que ofrece, Navisworks Manage es el programa completo, que incluye las funciones de Simulate además de otras dedicadas a otra gestión de información, como el control de calidad del proyecto, detección de interferencias entre disciplinas, etc. La función que permite la programación y simulación de escenarios de procesos constructivos es TimeLiner, que puede funcionar bien desde el propio programa, bien vinculando la programación hecha con otras aplicaciones como Primavera de Oracle o MS Project. Navisworks es capaz de trabajar con los archivos nativos de más de 60 aplicaciones diferentes, con archivos IFC o con archivos propios.

- La suite Vico Office de Trimble. Entre sus módulos de aplicación, tiene Vico Office for Time, el planificador y programador BIM que trabaja indistintamente con Diagramas de Gantt y Líneas de Balance. Al igual que el resto, permite la visualización de la simulación sobre el modelo, pudiendo utilizar los vídeos del proceso para la coordinación de actividades empresariales en obra. La suite contiene también los módulos para el control de costes y para el control de calidad del proyecto. Vico Office está considerado como uno de los programas BIM para gestión de proyectos más completos y profesionales que hay en el mercado.

#### *Software específico BIM 4D*

- SYNCHRO Software de Bentley. Plataforma completa de software BIM dedicado a la planificación, programación y control de obra. Contiene varias aplicaciones, todas ellas enfocadas al flujo de

trabajo del programador de proyectos de construcción. Desde un programa donde elaborar la planificación CPM-PERT y/o mediante Líneas de Balance, pasando por otro que posibilita realizar el trabajo en equipo simultáneamente, aplicaciones para poder visualizar mediante realidad mixta (mezcla de realidad virtual y aumentada proyectada sobre el espacio real) el avance de la programación, otra para poder llevar la programación en dispositivos portátiles tipo teléfonos inteligentes o tablets, y, por supuesto, el programador BIM 4D donde simular escenarios incluyendo los trabajos y recursos temporales, la logística del centro de trabajo temporal, etc. Como todos los demás, permite la exportación en formato vídeo de la secuencia de construcción y acepta múltiples formatos de archivo para la importación del modelo BIM para trabajar con él. Destaca en el mercado porque se puede preparar el modelo 3D en el mismo programa, sin necesidad de previamente editarlo en el modelador original con el que haya sido desarrollado. Ello permite descomponer el modelo en las unidades lógicas de ejecución, con sus partes y fases, directamente en esta aplicación, sin necesidad de tener una licencia del software de autoría BIM con el que se desarrolló el modelo.

#### **1.4.3. Integración de la técnica de Líneas de Balance a la metodología BIM**

Según lo estudiado en los acápites anteriores, para la planificación y programación de la obra basado en la técnica de Líneas de Balance, mediante la aplicación de la metodología BIM será necesario combinar distintas plataformas.

- Un modelador 3D: Autodesk Revit
- Una herramienta de cálculo para elaborar la planificación: Microsoft Excel.
- Un simulador 4D, que importa tanto el modelo como el resultado de la planificación: Autodesk Navisworks Manager y su herramienta TimeLiner.

Se debe aplicar el flujo de trabajo analizado en este capítulo para obtener el modelado 3D del caso de estudio seleccionado, teniendo en cuenta los requisitos necesarios para su uso BIM 4D. Una vez obtenido el modelo 3D, se debe proceder a la realización de la planificación y programación inicial de la obra mediante la técnica de Líneas de Balance, puesto que este método es el más indicado para el proyecto teniendo en cuenta su tipología.

Como se ha explicado anteriormente, para que el simulador pueda generar secuencias temporales, los elementos gráficos del modelo deben estar asociados a las actividades usadas en el cronograma. La vinculación será posible a través de la herramienta TimeLiner, una vez que se hayan creado los conjuntos de búsqueda relacionados con el parámetro de proyecto de Revit que identifica y agrupa a los distintos elementos del modelo 3D en función de las tareas y procesos constructivos.

## 2. CASO DE ESTUDIO. EDIFICIO DE VIVIENDAS CÉLERE ELISAE, VALENCIA

### 2.1. Presentación del proyecto

Luego de realizar un análisis del posible uso de BIM para la planificación y programación de obra mediante la técnica de Líneas de Balance, se propone la aplicación de la metodología en un caso de estudio mediante el cual se pretende demostrar la validez de esta forma de trabajo. El proyecto seleccionado es un edificio de 50 viviendas ubicado en el barrio de Malilla, en Valencia, España y cuya promotora es Vía Célere. El proyecto fue elaborado por AIC Equip. Es importante destacar que se encuentra en fase de ejecución al momento de la elaboración del presente trabajo y que la autora ha tenido la posibilidad de contar con la información referente a la obra, para poder contrastar los resultados de este trabajo con los obtenidos mediante la aplicación de métodos tradicionales. La empresa constructora es Edificaciones y Construcciones Verdoy (Edicover).

#### 2.1.1. Descripción general del proyecto

La edificación proyectada tiene una superficie total construida de 8.898,29 m<sup>2</sup>. Consta de planta baja de uso terciario o comercial más trece plantas de 50 viviendas. La zona comunitaria ajardinada está dotada de piscina al aire libre de 10 x 5 m y un porche separado del edificio para el aparcamiento de bicicletas. En planta baja se encuentran, además, un local comercial, un almacén para la recogida de residuos, zona de trasteros, y dos locales comunitarios. Dispone de dos plantas de sótano para un total de 44 plazas de aparcamiento y trasteros.

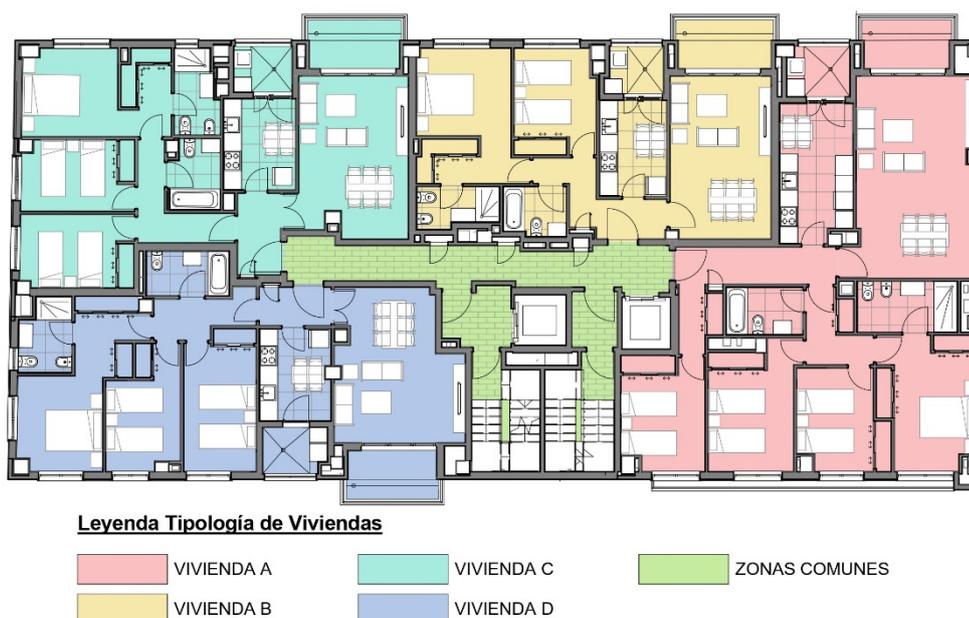


Figura 11: Plano indicativo de tipología de viviendas. Elaborado por la autora

Presenta 12 plantas idénticas (Figura 11) con cuatro viviendas por planta: dos de tres dormitorios, una de dos dormitorios y una de cuatro dormitorios. En planta 13 se encuentran dos viviendas con terrazas privativas. Sobre la planta 13 se dispone la planta de cubierta que tendrá el carácter de terraza técnica y contará con un cuarto de telecomunicaciones. En cada planta existirá dos núcleos de comunicación vertical comunicados por corredor horizontal. Tendrá dos ascensores, de los cuales uno de ellos será un ascensor de emergencia.

En el anexo 8 del presente trabajo la autora ha colocado los planos de arquitectura del proyecto, obtenidos luego del modelado 3D con la herramienta Autodesk Revit.

### *Emplazamiento y entorno físico*

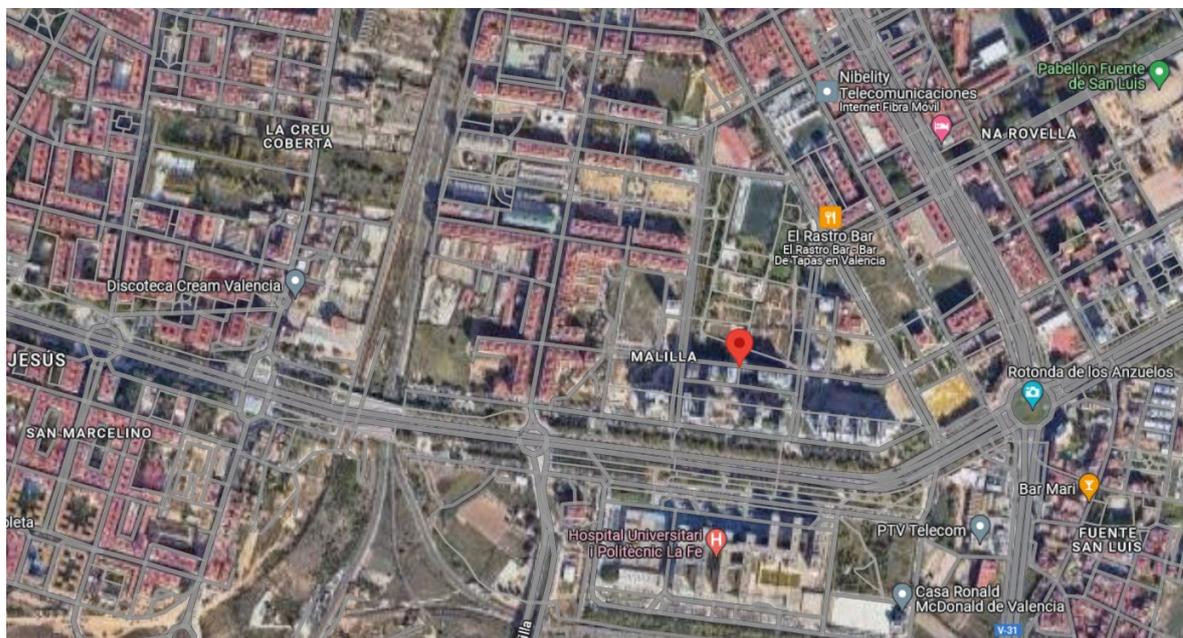


Figura 12: Emplazamiento del solar. Fuente: Google Maps 2024.

El solar se encuentra situado en el Plan Parcial Malilla Norte de Valencia. El terreno tiene forma casi rectangular con las siguientes dimensiones: en su fachada Sur 22,73 m; en su fachada Oeste 27,00 m y en su fachada Norte 32,29 m. La superficie es de 993,61 m<sup>2</sup>.

### *Descripción de los sistemas y elementos constructivos*

La cimentación está constituida por losa de cimentación para la transmisión de cargas al terreno y muro pantalla para realizar el vaciado de la excavación. La estructura portante se basa en elementos de hormigón armado, tanto para pilares de sección prismática, como para forjados reticulares de casetón no recuperable. En el edificio, el núcleo de ascensores sirve para generar elementos rígidos en altura frente a las sollicitaciones horizontales.

### *Sistema envolvente. Fachadas*

Se prevén los siguientes tipos de cerramiento de fachada:

- Cerramiento de fábrica de ladrillo cerámico cara vista y trasdosado interior de yeso laminado. Cerramiento combinado hoja exterior de ladrillo caravista (en dos tonos de color), enfoscado hidrófugo interior, primer aislamiento térmico acústico, cámara de aire, segundo aislamiento térmico acústico y trasdosado interior de yeso laminado.

- Cerramiento de fábrica de ladrillo cerámico cara vista y trasdosado interior de ladrillo acabado enlucido. Cerramiento combinado hoja exterior de ladrillo caravista (en dos tonos de color), enfoscado hidrófugo interior, aislamiento térmico acústico, cámara de aire, hoja interior de ladrillo cerámico hueco y acabado interior con enlucido de yeso y pintura.

#### *Sistema envolvente. Huecos*

Se prevén los siguientes tipos de huecos:

- Carpintería general: Carpintería exterior de perfiles de PVC en cámara europea, con doble junta de estanqueidad y rotura de puente térmico abatibles con sistema de oscurecimiento en dormitorios y salones mediante persianas de aluminio inyectado accionados mediante torno o cinta.

- Acristalamiento: Sobre carpintería de PVC se colocará vidrio termoacústico con cámara, incoloro. En elementos fijos inferiores y antepechos de seguridad la hoja interior de vidrio será laminar. En puertas se colocará vidrio laminar por ambas caras.

#### *Cubiertas*

Se prevén los siguientes tipos de cubiertas:

- Cubierta plana invertida con grava: con acabado de grava lavada sobre aislamiento con capa protectora, impermeabilización, formación de pendientes y barrera de vapor.

- Cubierta plana invertida con pavimento en terrazas: con pavimento de baldosas de gres antideslizante para exteriores, sobre aislamiento con capa protectora y nivelación, impermeabilización, formación de pendientes y barrera de vapor.

#### *Sistema de compartimentación*

Se prevén los siguientes tipos de paredes interiores:

- Tabiquería interior de vivienda: Partición autoportante con montantes de 46 mm c/40, aislamiento de fibras minerales y una placa de cartón yeso de 15 mm de espesor en cada cara. En los locales húmedos la hoja de cartón yeso tendrá propiedades hidrófugas.

- Particiones entre viviendas: Partición compuesta de hoja central de bloque cerámico (machihembrado vertical) termoacústico de 30x19x11 cm, enlucido de yeso a una cara y trasdosado autoportante con montantes de 46 mm c/40, aislamiento de fibras minerales y una placa de cartón yeso de 15 mm de espesor en cada cara.

- Particiones entre viviendas y elemento común: Partición compuesta de hoja central de bloque cerámico (machihembrado vertical) termoacústico de 30x19x11 cm, enlucido de yeso a una cara y trasdosado autoportante con montantes de 46 mm c/40, aislamiento de fibras minerales y una placa de cartón yeso de 15 mm a interior de vivienda y guarnecido y enlucido interior a elemento común.

Las puertas interiores:

- Puerta de acceso acorazada normalizada maciza con plancha de acero electrolgalvanizado acabada con tablero liso en ambas caras en madera lacada en blanco, cerradura de alta seguridad.
- Puertas de paso de 35 mm de espesor macizas de tablero aglomerado acabado chapa de madera lacada en blanco opacas o cristaleras según pieza recayente. Con acanaladuras horizontales. Los frentes de armarios serán con el mismo acabado que las puertas de paso.

*Sistema de acabados. Revestimiento exterior*

- Revestimiento exterior: ladrillo cara vista

*Sistema de acabados. Revestimiento interior*

Se prevén los siguientes tipos de revestimiento interior:

- Viviendas. General: Pintura plástica sobre tabiquería de yeso laminado.
- Viviendas. Cocina y baños: Alicatado de gres cerámico combinado con pintura plástica impermeable.
- Zonas comunes. General: Pintura plástica sobre yeso en zaguanes y distribuidores de planta.
- Zonas comunes. Locales de instalaciones y trasteros: Pintura sobre enfoscado a buena vista.
- Zonas comunes. Cuarto de basuras y Baños: Alicatado de gres cerámico combinado con pintura plástica impermeable. Los encuentros entre las paredes y el suelo deben ser redondeados.
- Locales comerciales en planta baja: Sin acabados
- Locales comunitarios: Pintura plástica lisa. Alicatado de gres cerámico en baño.

*Sistema de acabados. Falsos techos*

-Viviendas: Falsos techos en toda la vivienda mediante sistema de cartón yeso sobre perfilera de 20 mm. La altura libre para alojar equipos e instalaciones se reducirá en locales húmedos, distribuidores, pasillos y entradas a dormitorios. En baño con unidad interior de clima, falso techo desmontable para registro de la misma. En baño con equipo de ventilación, el falso techo será de placa de yeso laminado hidrófugo con subestructura y tendrá un registro prefabricado de yeso laminado para el mantenimiento del equipo de ventilación. Pintura plástica.

- Zonas comunes: Falsos techos en zaguanes y distribuidores de yeso laminado sobre estructura metálica. En locales comunitarios el falso techo será desmontable fonoabsorbente.
- Terrazas: Falso techo formado por una placa de yeso laminado hidrófugo con subestructura. Acabado con pintura plástica impermeable.

#### *Sistema de acabados. Solados*

Se prevén los siguientes tipos de pavimentos:

- Viviendas: Hall, distribuidor, salón y dormitorios con tarima flotante de laminado AC4. Las cocinas y baños con gres porcelánico monococción. Las terrazas y patios con gres porcelánico antideslizante.
- Zonas comunes: Zaguán y peldaños hasta la primera planta, mármol blanco. Peldaños desde la planta primera hasta el desarrollo final de la escalera, en granito pulido. Pavimento en distribuidores de planta, gres rectificado gran formato.

#### *Equipamiento*

Se prevé el siguiente equipamiento:

- Baños: Equipamientos con inodoro de porcelana vitrificada blanca. Baño asociado a dormitorio principal, plato de ducha y mueble con lavabo. Baño general con bañera y lavabo de porcelana vitrificada blanca. Grifería cromada monomando, termostática en duchas.
- Cocinas: Mobiliario en cocinas compuesto por elementos altos y bajos de tablero polilaminado postformado, con zócalo inferior y tiradores formados por el perfil de las puertas, placa de vitrocerámica, campana con turbina extractora integrada en mueble alto, horno eléctrico y microondas encastrado, bancada de Silestone, fregadero de acero inoxidable bajo encimera, grifería monomando con caño giratorio.

#### *Instalaciones*

El proyecto cuenta con instalación eléctrica de alumbrado y de uso doméstico, agua fría y caliente. También contará con instalación de telecomunicaciones. Se prevé sistema de aerotermia para proveer las viviendas de agua caliente sanitaria. Se cumplirán las regulaciones vigentes para cada una de ellas.

La instalación de climatización será mediante bomba de calor en todas las viviendas con unidad interior registrable en baño principal y unidad exterior en el patio de la vivienda. El termostato digital programable se instalará en el salón.

Se incluye también instalación de videoportero en acceso a urbanización y portal, tomas de televisión, telefonía y reservas según normativa de instalación de telecomunicaciones.

El edificio cuenta con instalación de protección contra incendios, constituida por BIES, extintores, sistemas de alarmas, sistema de ventilación, etc.

## 2.2. Modelado BIM 3D

A continuación, se explica el procedimiento que se ha seguido para obtener el modelado 3D del edificio de viviendas descrito en el apartado anterior. La información obtenida del despacho de arquitectura son los planos del proyecto de ejecución elaborados con la herramienta AutoCAD. El primer paso, entonces, ha de ser procesar los ficheros en 2D para que sirvan de base del modelado.

Una vez importados los planos 2D la herramienta Revit se procederá a modelar teniendo en cuenta los niveles de desarrollo estudiados en el marco teórico. Se pretende obtener un LOD 350 donde se habrá definido los materiales y composición de los diferentes elementos del proyecto. Esta información es imprescindible para luego incorporar la Planificación 4D.

### 2.2.1. Importación de planos en formato CAD

El fichero CAD obtenido del despacho de proyecto contiene en un único espacio de trabajo, todas las plantas y cuadros de información del proyecto de la Especialidad de Arquitectura, así como los detalles constructivos que forman parte del Proyecto Ejecutivo. Se sugiere extraer cada planta del edificio y generar un fichero de AutoCAD por planta. En cada fichero, todos los elementos deben tener asignados una única capa. Será útil también aplicar el procedimiento a las secciones y alzados del proyecto.

El primer paso en la herramienta Revit será importar las vistas de alzado y las secciones en sus vistas correspondientes. Luego se toma como base una sección importada y se generan los niveles del proyecto haciéndolos coincidir con los niveles de suelo terminado de cada planta. Revit crea automáticamente las vistas asociadas a cada nivel. El siguiente paso será importar las plantas 2D del edificio en las vistas de planta correspondientes. Si existen varias plantas tipo, se puede importar el 2D en una sola vista de planta, luego se copiará los elementos del modelo de la planta tipo en las demás plantas idénticas.

Se debe dibujar las rejillas en la primera vista de planta donde se comience a modelar. Estas líneas de referencia posibilitan alinear los elementos del modelo a puntos y ejes que se deben respetar independientemente de la vista en la que se esté trabajando. Los ejes constructivos o cara exterior de fachada pueden constituir las rejillas del modelo.

A partir de este momento se puede empezar a modelar utilizando como guía los dibujos 2D, los niveles y la rejilla creados.

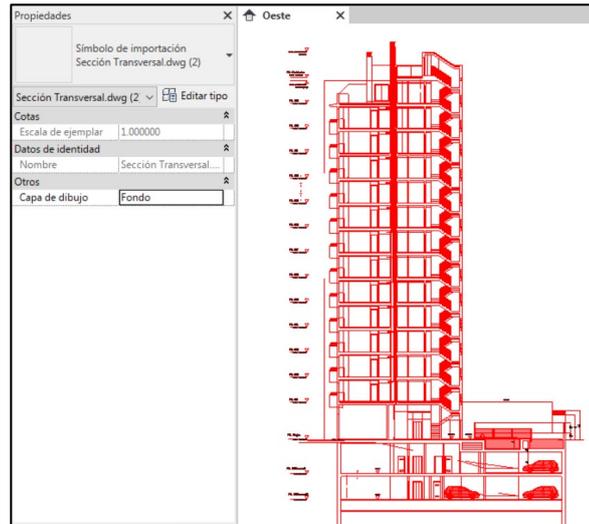


Figura 13: Dibujo de Sección transversal de Proyecto importado en Vista de alzado Oeste de Revit.

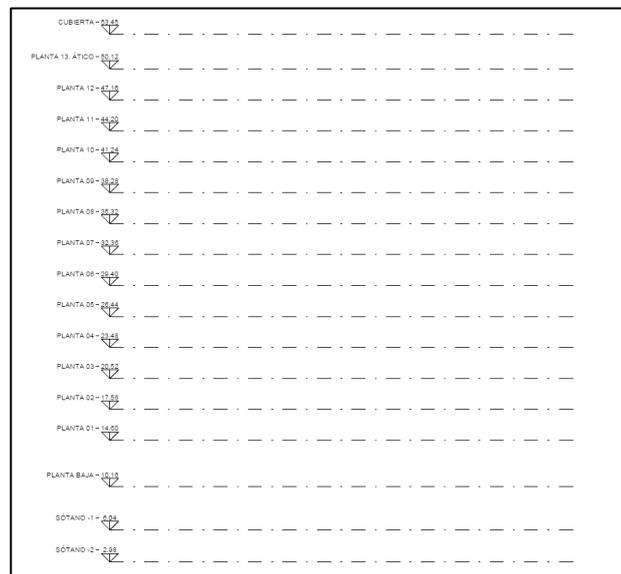


Figura 14: Niveles de Proyecto generados en Revit.

### 2.2.2. Nivel de desarrollo LOD 100

Tal y como se ha analizado en los apartados anteriores de este trabajo, el proceso de modelado pasa por distintas etapas en las que se le va incorporando información al 3D, de manera paralela al transcurso de las distintas fases de evolución del proyecto. En el nivel de desarrollo LOD 100 se incorporan elementos como masas y se emplean familias genéricas de Revit. Permite el análisis de volumetría y se puede obtener datos como superficies construidas y volumen de los elementos y espacios.

Con las referencias de los planos 2D se comienza a “calcar” los muros y pilares, empezando por los cerramientos de fachada, los cuales deben estar relacionados con las rejillas y planos de referencia para evitar errores de desfase futuros durante el proceso. La línea de ubicación que se utilice para

insertar los muros debe coincidir con las rejillas. Por ejemplo, para los muros de cerramiento se debe seleccionar como línea de ubicación la cara exterior del muro, de manera que, si luego varía el espesor, la alineación con la fachada se mantendrá fija.

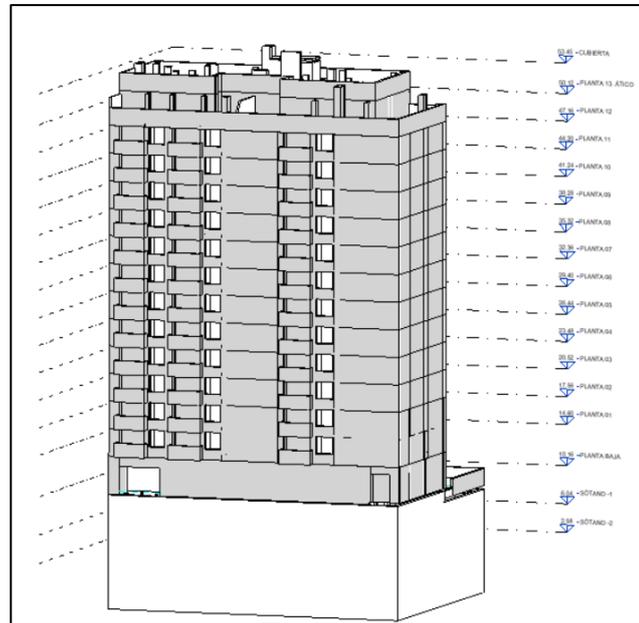


Figura 15: Muros en LOD 100.

Luego se modelan los suelos empleando familias genéricas de Revit (Figura 16). Estos elementos representan los forjados estructurales del edificio. Es importante insertar los suelos desde un inicio, separando el canto de la fachada unos 5 cm, de manera que el cerramiento pasa por delante y no serán vistos desde el exterior. En este caso se ha creado suelos genéricos con espesor de 30 cm, según la información aportada por los planos 2D, y están referenciados a su nivel correspondiente, con un desfase de 7 cm, previendo que encima se modelará el mortero autonivelante y el pavimento interior. Los suelos de los tendederos y balcones de las plantas tipo se modelan con una familia genérica de espesor 20 cm, puesto que se prevé en estas zonas, una losa de hormigón insitu. Se sugiere dejar previstos los huecos de las escaleras y ascensores.

El siguiente paso es modelar las cubiertas como elementos genéricos según los espesores que se consideran en el proyecto y se asignan las pendientes preliminares. Los suelos de las terrazas de los áticos se consideran como cubiertas, al igual que el casetón de las escaleras y por tanto se modelan dentro de la categoría cubiertas.

El último paso consiste en incorporar las escaleras interiores, las cuales se diseñan salvando las alturas libres entre los niveles del modelo y teniendo en cuenta las restricciones de ancho, huella y contrahuella de la normativa vigente.

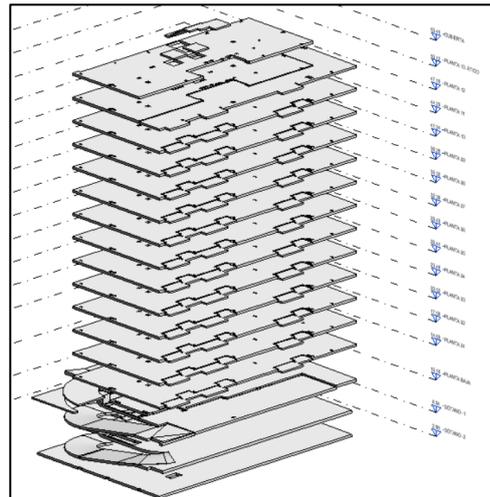


Figura 16: Suelos en LOD 100.

A continuación, se muestra una vista 3D con la caja de sección activada, obtenida del modelo con el nivel de desarrollo LOD 100 alcanzado.

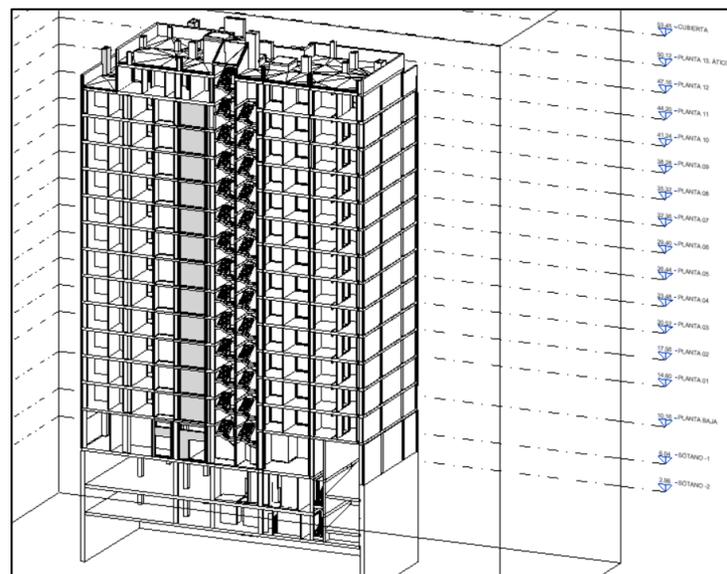


Figura 17: Vista 3D en sección del modelo con un nivel LOD 100.

### 2.2.3. Nivel de desarrollo LOD 200

El modelado con un nivel de desarrollo LOD 200 incluye todo tipo de información que permita estudiar el cumplimiento de la normativa vigente. Se define la distribución arquitectónica de los espacios interiores y se modelan las particiones interiores como elementos genéricos. Aun no se plantean soluciones constructivas ni los materiales que componen cada elemento modelado. Pero se detalla los requisitos que se han de cumplir. Por ejemplo, para el cumplimiento de las exigencias contra incendios, ese es el momento de definir la sectorización y el tiempo de resistencia al fuego

que han de cumplir cada elemento. Se analiza el cumplimiento de la normativa de accesibilidad y se fijan las dimensiones que se han de respetar en los espacios que lo requieran.

Se incorporan al modelo las ventanas y puertas. No será necesario un nivel detallado de estas familias, se aconseja en este punto, emplear las familias que dispone Revit, definiendo las medidas y tipología de carpintería en cada ubicación.

Todos los elementos del modelo ya sean las puertas y ventanas o los muros y particiones interiores deben estar enlazados al nivel correspondiente con los desfases adecuados, de manera que, si se hacen modificaciones en los mismos, el resto de los elementos se modifiquen automáticamente.

Se incorporan también los aparatos sanitarios y mobiliario de cocina, lo que permite a las especialidades de instalaciones avanzar en el trazado de las redes y las memorias de cálculo. La incorporación de mobiliario interior y barandillas con familias existentes de Revit permite también hacerse una idea de la funcionalidad de los distintos espacios, además de mostrar al cliente una visión más real del proyecto. La siguiente imagen muestra una vista en sección del modelo cuando se han incorporado los elementos anteriormente mencionados.

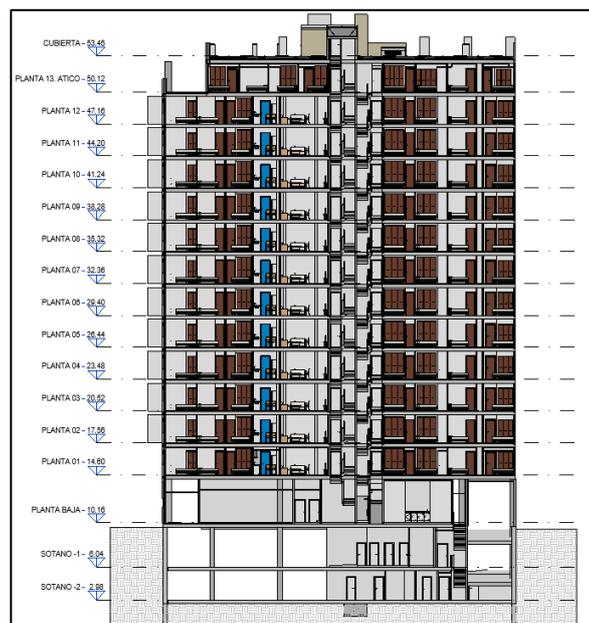


Figura 18: Sección longitudinal en LOD 200.

Durante esta etapa de modelado se trabaja en el diseño de la fachada del edificio. La orden pintura de Revit permite definir los acabados de los diferentes elementos que componen la fachada sin necesidad de detallar la composición de estos. A continuación, se muestra una vista de una sección de la fachada luego de definir sus acabados.



Figura 19: Vista 3D de una sección de la fachada en LOD 200.

#### 2.2.4. Nivel de desarrollo LOD 300

El nivel de desarrollo LOD 300, como se ha analizado en el marco teórico, incorpora elementos completamente definidos, indicando los sistemas constructivos, composición y materiales. Esto permite hacer los cálculos más específicos de cantidades de materiales, análisis energéticos y de costos. También permite elaborar la planificación y organización de la obra en base a la información más detallada que contiene el modelo.

Para la determinación de la composición de los elementos, se debe seguir el mismo proceso que se ha empleado hasta ahora, primero los muros, luego suelos y cubiertas, escaleras, carpintería. Por último, se modelan los falsos techos definiendo el tipo, dimensiones y alturas en cada caso.

Revit permite editar los elementos que trae por defecto, por ejemplo, a una tipología de muro se le puede agregar material o editar los espesores, utilizando la biblioteca de materiales propia de la herramienta, incluso creando materiales nuevos de acuerdo con las necesidades específicas de cada proyecto. Se sugiere duplicar la familia que se quiera modificar para que los cambios introducidos no afecten a las familias que vienen dadas por defecto.

A continuación, se muestra las tablas con las tipologías de muros, suelos y cubiertas que se han empleado en el proyecto.

Tabla 6: Tipologías de muros y particiones interiores.

TIPOLOGÍA DE MURO	REQUERIMIENTOS	MATERIALES	ESPESOR	ESQUEMA
Muro de cerramiento de fachada de viviendas	Aislamiento térmico, aislamiento acústico, estanquidad.	Ladrillo caravista Mortero hidrófugo Aislamiento lana mineral Perfilería y lana mineral Placa de yeso laminado	120 mm 10 mm 40 mm 50 mm 15 mm	
Muro de cerramiento de fachada de escaleras	Aislamiento térmico, aislamiento acústico, estanquidad.	Ladrillo caravista Mortero hidrófugo Aislamiento lana mineral Hoja de ladrillo hueco Enlucido de yeso	120 mm 10 mm 40 mm 70 mm 15 mm	
Partición interior Zonas comunes-viviendas	Resistencia al fuego EI 120, aislamiento acústico, aislamiento térmico.	Enlucido de yeso Ladrillo gran formato 12 Perfilería y lana mineral Placa de yeso laminado	15 mm 120 mm 50 mm 15 mm	
Partición interior entre viviendas	Resistencia al fuego EI 120, aislamiento acústico, Aislamiento térmico.	Placa de yeso laminado Perfilería y lana mineral Enlucido de yeso Ladrillo gran formato 12 Perfilería y lana mineral Placa de yeso laminado	15 mm 50 mm 15 mm 120 mm 50 mm 15 mm	
Partición interior Escaleras-Vestíbulo de Ascensor de Emergencias	Resistencia al fuego EI 120, aislamiento acústico.	Enlucido de yeso Ladrillo gran formato 12 Enlucido de yeso	15 mm 120 mm 15 mm	
Partición entre patinillos de instalaciones en rellanos	Resistencia al fuego EI 120.	Enlucido de yeso Ladrillo gran formato 9 Enlucido de yeso	15 mm 9 mm 15 mm	
Muro divisorio Medianera edificio adyacente-viviendas	aislamiento acústico, estanquidad.	Ladrillo gran formato 9 Perfilería y lana mineral Placa de yeso laminado	9 mm 50 mm 15 mm	
Partición interior de vivienda	aislamiento acústico.	Placa de yeso laminado Perfilería y lana mineral Placa de yeso laminado	15 mm 50 mm 15 mm	
Partición interior de vivienda y baño	aislamiento acústico, estanqueidad.	Placa de yeso laminado Perfilería y lana mineral Placa de yeso hidrófugo Revestimiento cerámico	15 mm 50 mm 15 mm 15 mm	
Partición patinillo de instalaciones y vivienda	Resistencia al fuego EI 120 aislamiento acústico.	Placa de yeso RF magna Perfilería y lana mineral Placa de yeso RF magna	25 mm 50 mm 25 mm	

Nótese que las tipologías de particiones interiores se generan de acuerdo con el planteamiento de los requisitos y exigencias de diseño especificadas durante la fase previa. Las particiones que delimitan las viviendas necesitan tratamiento distinto a las ubicadas en zonas comunes, de la misma manera que las que se encuentran dentro de cada vivienda. Es necesario tener diferenciado estos elementos dentro del modelo, mientras mayor precisión se tiene, menos posibilidad de errores e incertidumbre existirán durante la fase de construcción.

Tabla 7: Tipologías de suelos.

TIPOLOGÍA DE SUELO	REQUERIMIENTOS	MATERIALES	ESPESOR	ESQUEMA
Pavimento cerámico en suelos de zonas húmedas de viviendas y distribuidores	Aislamiento térmico, aislamiento acústico.	Pavimento cerámico aplicado con cemento cola Mortero autonivelante Lámina antiimpacto	15 mm 50 mm 5 mm	
Pavimento laminado en suelos interiores de viviendas	Aislamiento térmico, aislamiento acústico.	Pavimento laminado Lámina antiimpacto Mortero autonivelante Lámina antiimpacto	8 mm 2 mm 50 mm 5 mm	
Pavimento laminado en suelos interiores de viviendas ubicadas en Planta 1	Aislamiento térmico, aislamiento acústico.	Pavimento laminado Lámina antiimpacto Mortero autonivelante Lámina antiimpacto Aislamiento XPS	8 mm 2 mm 50 mm 5 mm 50 mm	
Baldosas de mármol en rellanos de escaleras		Baldosa de mármol aplicado con cemento cola Mortero autonivelante	30 mm 40 mm	
Pavimento cerámico en tendederos y balcones de viviendas	Estanqueidad.	Pavimento cerámico aplicado con cemento cola Impermeabilización Mortero autonivelante	15 mm 10 mm variable	

Los suelos que se modelaron como genéricos para un nivel de desarrollo LOD 100 se deben modificar y asignarles un material. En el proyecto tenemos los forjados reticulares de espesor 25 + 5 cm en Planta 2 a la Planta 12 (Figura 21), excepto en la zona de tendederos y balcones de viviendas donde existe una losa de hormigón armado de espesor 20 cm. El forjado de Planta 1 es una losa de hormigón armado de 25 cm (Figura 21). El forjado de Planta 13 es un forjado reticular de casetón perdido de 30 + 5 cm, siendo la zona de las terrazas del ático una losa de hormigón armado de 25 cm de espesor.

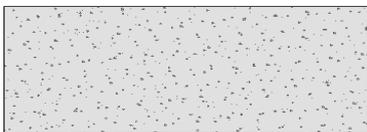


Figura 20: Losa de hormigón armado

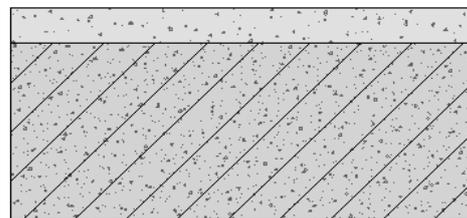
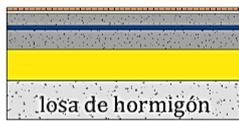
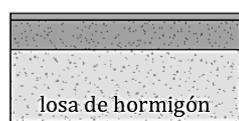


Figura 21: Forjado reticular de casetón perdido 25+5 cm

Tabla 8: Tipologías de cubiertas.

TIPOLOGÍA DE CUBIERTA	REQUERIMIENTOS	MATERIALES	ESPESOR	ESQUEMA
Cubierta de grava. Planta 14	No transitable, aislamiento térmico, estanqueidad.	Grava lavada Membrana Geotextil Aislamiento XPS Impermeable polibreal Mortero de pendientes	100 mm 1 mm 80 mm 10 mm variable	
Terrazas de áticos. Planta 13	Transitable, aislamiento térmico, estanqueidad.	Pavimento cerámico aplicado con cemento cola Mortero de asiento Membrana Geotextil Impermeable polibreal Mortero de pendientes Aislamiento XPS	15 mm 40 mm 1 mm 10 mm variable 80 mm	
Cubierta de escaleras	No transitable, aislamiento térmico, estanqueidad.	Lámina asfáltica autoprottegida Mortero de pendientes	1 mm variable	

En la tabla anterior se muestran los tipos de cubierta que se han modelado en el proyecto. La cubierta de grava está ubicada en el último nivel del edificio y constituye el techo de los áticos. Esta cubierta requiere de, además de la adecuada impermeabilización, un aislamiento térmico para dotar del confort térmico a las viviendas inferiores. Es una cubierta no transitable, por lo cual se propone el acabado de grava que protege la impermeabilización.

Las terrazas de los áticos se consideran una cubierta puesto que funcionan también como techo de las viviendas del nivel inferior. Por tanto, deben contar con un adecuado aislamiento térmico, además de la impermeabilización. Al ser una cubierta transitable y ser espacios habitables de las viviendas, se propone el acabado con pavimento cerámico, que tiene la doble función de proteger el impermeable aplicado.

Continuando con el flujo de trabajo planteado para obtener el LOD 300 del modelo, se realiza el acabado para la escalera interior del edificio. La estructura de la escalera es de hormigón, por lo tanto, al igual que para los suelos genéricos, se procede a insertar el material de hormigón in situ para la formación de la losa inclinada.

Se plantea una escalera monolítica, en donde tanto los descansillos como los tramos están revestidos por baldosas de granito. La barandilla será de 1.10 m. A continuación, se muestra imágenes en vista de sección transversal (Figura 22) y longitudinal (Figura 23) de las escaleras interiores empleando la herramienta caja de sección.



Figura 22: Sección transversal en LOD 300

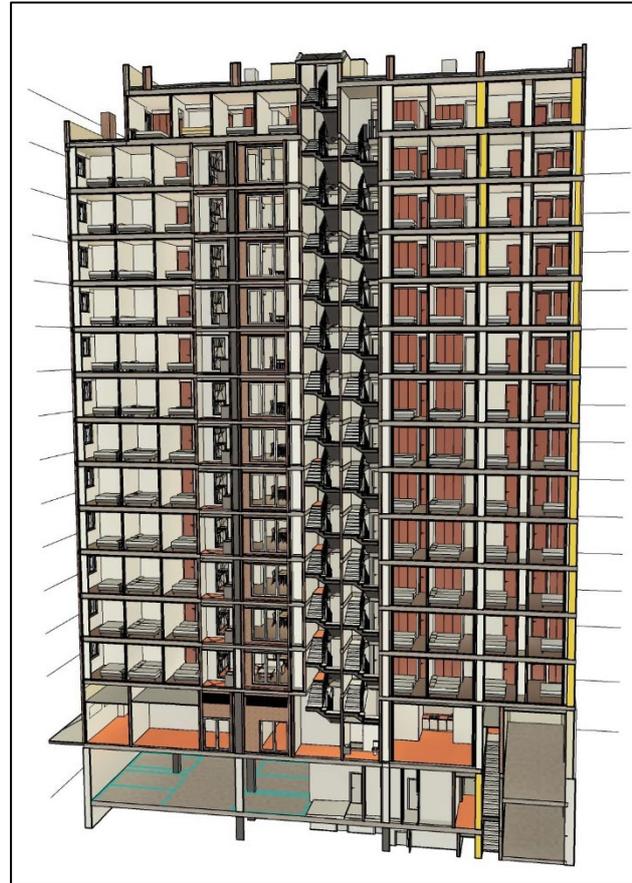


Figura 23: Sección longitudinal en LOD 300

Otro de los elementos a definir para el nivel de desarrollo LOD 300 son los acabados de los techos. Está previsto que en los distribuidores, dormitorios y salón-comedor de las viviendas se instale falsos techos de placas de yeso laminado continuo, mientras que en las zonas húmedas y el balcón se instalará placas de yeso laminado continuo hidrófugo. En las zonas comunes se prevé falsos techos de yeso laminado continuo tanto en los distribuidores como en los vestíbulos de escaleras, mientras que en las escaleras el acabado será de enlucido de yeso.

A partir de las tablas de planificación es posible obtener la medición de los distintos materiales de acabados. A continuación, se muestra un ejemplo de tabla de planificación de falsos techos, donde se puede obtener información del tipo de falsos techos desglosado por niveles, la altura libre de estos y las áreas totales.

<Medición - techos>		
A	B	C
Tipo	Área	Desfase de altura
PLANTA 01		
Falso techo continuo de placa de yeso laminado	284.12 m <sup>2</sup>	2.20 ... 2.50
Falso techo continuo de placa de yeso laminado hidrófugo	106.96 m <sup>2</sup>	2.20 ... 2.35

Figura 24: Tabla de planificación de techos en LOD 300

A continuación, se muestra una vista de techo correspondiente a Planta 1. Se ha editado el material de la familia “falso techo continuo de placa de yeso hidrófugo” a un color verde para identificar en planta que tipo de falso techo le corresponde a cada habitación.

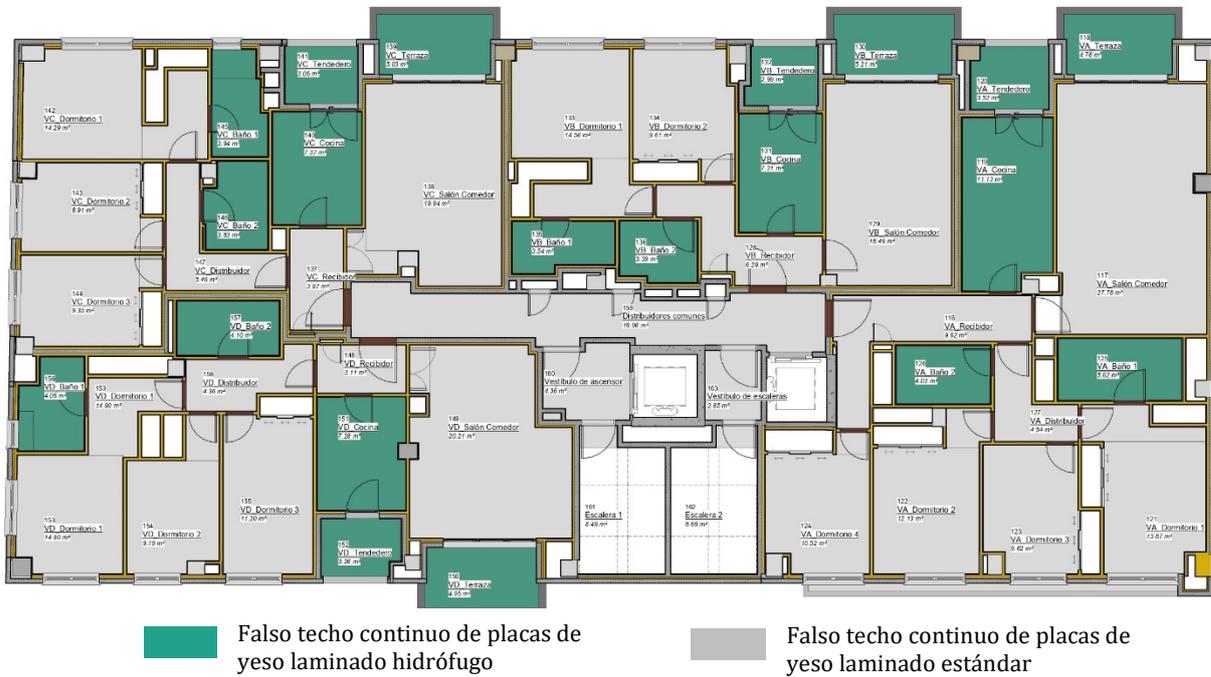


Figura 25: Vista de techos Planta 1 en LOD 300

### 2.2.5. Nivel de desarrollo LOD 350

Una vez alcanzado el nivel de desarrollo LOD 300 del modelo se procede a añadir la información necesaria para los usos BIM requeridos y así obtener un nivel de desarrollo LOD 350 que permita realizar simulaciones de Planificación 4D y detecciones de interferencias y colisiones entre elementos del modelo. En el caso del presente trabajo se requiere desglosar las familias de muros y suelos de acuerdo a los materiales que lo componen a través de la orden de Revit “Crear pieza”. De esta manera se puede tratar de manera independiente cada uno de estos materiales constituidos por piezas dentro del propio elemento. Además, se puede incorporar información a cada una de estas piezas mediante parámetros compartidos que posibiliten agruparlos según criterios concretos que faciliten los usos BIM requeridos.

### 2.2.5. Flujo de trabajo para el modelado BIM 3D con la herramienta Revit

En los epígrafes anteriores se ha explicado el flujo de trabajo que se sugiere para obtener un modelado 3D con la herramienta Autodesk Revit, pasando por los niveles de desarrollo necesarios hasta alcanzar el LOD 350, el cual será necesario para su uso en la planificación 4D. El siguiente esquema muestra a modo de resumen el proceso de trabajo descrito anteriormente.

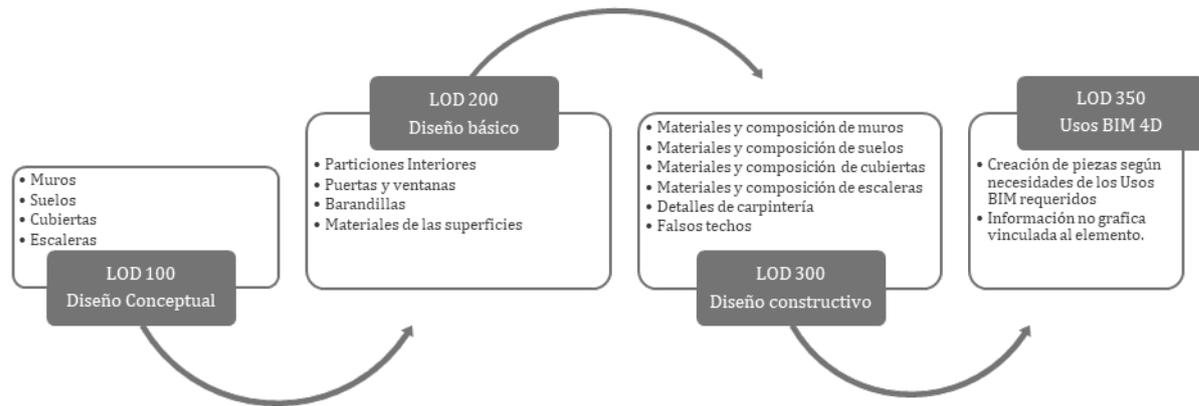


Figura 26: Esquema de flujo de trabajo para el modelado 3D con Revit.

### 2.3. Planificación y programación temporal del proyecto basado en Líneas de Balance

Como se ha estudiado en la parte teórica de este trabajo, una de las ventajas de la aplicación de la metodología BIM, es la posibilidad de comenzar a planificar y programar la obra desde etapas tempranas del proyecto. En un entorno colaborativo de trabajo el programador puede ir desarrollando su trabajo en la medida que avanzan las fases de diseño, hasta alcanzar un modelado 4D, con el cual es posible simular y visualizar los distintos procesos y fases constructivas, evaluando desde etapas tempranas los posibles problemas e interferencias que se pueden presentar durante la ejecución.

En el presente epígrafe se testeará sobre el caso de estudio seleccionado, el flujo de trabajo analizado en la parte teórica de este trabajo. Para elaborar el programa de obra mediante La técnica de Líneas de Balance se propone aplicar el procedimiento descrito por Loría Arcila, J. y que se ha definido en el apartado 1.1.4.

Recordemos que el proyecto seleccionado como caso de estudio tiene una tipología de edificio adecuado para aplicar esta técnica de planificación porque está constituido por 12 plantas de viviendas idénticas, lo que hace que las tareas y procesos constructivos que se produzcan tengan la característica de ser repetitivas y secuenciales.

#### 2.3.1. Definición de las actividades y recursos. Cálculo de rendimientos y duraciones

El objetivo del presente trabajo es evaluar la aplicación de la técnica de líneas de balance en proyectos con unidades repetitivas, por tanto, la autora considera que en este apartado se desarrollará la planificación y programación de las actividades que se produzcan en las 12 plantas tipo que presenta el caso de estudio. La información de contrato de ejecución de la obra, como es lógico, incluye un cronograma elaborado con métodos tradicionales, de esta manera se obtienen los datos condicionantes de este ejercicio. La fecha de inicio del cronograma que se va a elaborar en el

presente trabajo coincide con la fecha que marca el cronograma de contrato para el inicio de la actividad Estructura en la primera unidad (planta primera). Se ha tomado como fecha límite, el día que según el contrato está marcado como final de obra.

*Tabla 9: Datos de partida del proyecto.*

Fecha de inicio de la primera unidad	01/03/2023
Plazo de ejecución de las unidades (semanas)	66
Total de unidades (plantas tipo)	12
Fecha fin de la última unidad	28/06/2024
Número de días/semana	5
Número de horas/día	8
Buffer de espera o tiempo mínimo	5

Uno de los pasos más importantes y que determinan el proceso de trabajo es definir las actividades, su secuencia lógica y las relaciones de dependencia que existen y que se deben tener en cuenta en la planificación de estas.

La siguiente tabla relaciona las distintas actividades que formarán parte de la planificación basada en la técnica de Líneas de Balance y el cálculo de recursos en función de los rendimientos de cada una de estas actividades. Para la asignación de los rendimientos, el autor ha empleado la Base de Datos de la Construcción del Instituto Valenciano de la Edificación (BDC IVE) y La información proporcionada por CYPE en su aplicación Generador de Precios de la Construcción de CYPE, 2024.

*Tabla 10: Actividades y sus dependencias. Cálculo de duraciones.*

ID	ACTIVIDAD	UM	UDS/H	CANT	HORAS /HOMBRE	CUA D	RELACIONES DE DEPENDENCIA		
							DEP1	DEP2	DEP3
A	Forjado reticular. Encofrado	M2	0,138	467,45	65	5			
B	Forjado reticular. Ferrallado	M2	0,163	467,45	76	4	A		
C	Forjado reticular. Vertido	M2	0,019	467,45	9	2	B		
D	Pilares y muros de hormigón armado	M	0,079	77,14	6	2	C		
E	Losa inclinada de escaleras	M2	0,120	14,62	2	2	C		
F	Fachada ladrillo una cara vista	M2	1,512	189,17	286	4	A-E		
G	Albañilería interior	M2	0,302	359,88	109	1	A-E		
H	Aislamiento térmico de fachada	M2	0,050	134,99	7	2	F		
I	Mortero autonivelante	M2	0,030	426,26	13	4	G	H	
J	Trasdosado de placas de yeso laminado (estructura + una placa)	M2	0,280	449,81	126	2	I		
K	Particiones interiores de yeso laminado (estructura + una placa)	M2	0,250	423,41	106	2	I		
L	Inst ventilación de viviendas	UD VV	12,000	4	48	2	J+K		
M	Inst electricidad y telecomunicaciones	UD VV	10,000	4	40	1	J+K		
N	Inst fontanería	UD VV	32,000	4	128	4	J+K		
O	Inst climatización	UD VV	4,000	4	16	1	N		

<b>P</b>	Trasdosado de placas de yeso laminado (segunda placa)	M2	0,280	449,81	126	2	L	M	N
<b>Q</b>	Particiones interiores de yeso laminado (segunda placa)	M2	0,250	423,41	106	2	L	M	N
<b>R</b>	Instalación de ascensores	UD	153,60 0	2	307	2	U		
<b>S</b>	Enfoscado de mortero hidrófugo	M2	0,400	96,49	39	1	N	M	
<b>T</b>	Revestimiento cerámico	M2	0,400	230,02	92	2	P+Q	S	
<b>U</b>	Enlucido de yeso maestreado vertical	M2	0,175	179,17	31	2	M	N	
<b>V</b>	Falsos techos continuos de yeso laminado	M2	0,250	391,05	98	2	T	U	
<b>W</b>	Pavimento cerámico zonas húmedas	M2	0,350	91,30	32	1	V		
<b>X</b>	Carpintería exterior de pvc	UD	1,280	25	32	2	V		
<b>Y</b>	Cerrajería. Celosías de galerías	UD	1,000	4	4	2	S		
<b>Z</b>	Peldañeado de escaleras	M	0,600	43,32	26	1	U		
<b>AA</b>	Pavimento cerámico distribuidores	M2	0,350	29,27	10	1	V		
<b>AB</b>	Cerrajería. Barandillas de balcones	M	0,850	29,77	25	2	S		
<b>AC</b>	Cerrajería. Barandillas de escaleras	M	1,690	8,1	14	2	Z		
<b>AD</b>	Pintura plástica acrílica lisa (fondeo)	M2	0,098	1263,6	124	3	X		
<b>AE</b>	Pavimento laminado	M2	0,090	247,79	22	1	X	AD	
<b>AF</b>	Carpintería interior de madera	UD	1,200	58	70	1	AE		
<b>AG</b>	Inst mobiliario sanitario y grifería	UD	0,750	32	24	2	AF		
<b>AH</b>	Muebles de cocinas con armarios altos	M	1,700	14,55	25	2	AF		
<b>AI</b>	Pintura plástica acrílica lisa (doblado)	M2	0,098	1263,6	124	3	AH		
<b>AJ</b>	Equipamiento de cocina	UD	0,750	24	18	2	AI		

El esquema que se muestra a continuación indica la secuencia lógica de actividades y las relaciones de dependencia que se originan entre las distintas tareas y que condicionan el cronograma de ejecución.

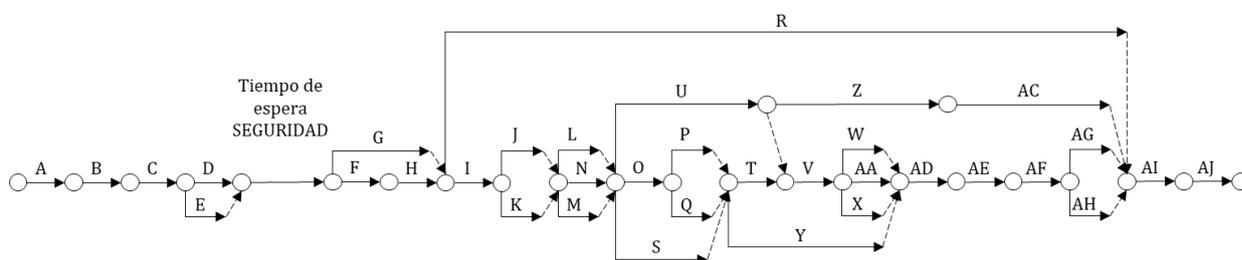


Figura 27: Esquema de secuencia lógica de actividades de las plantas tipo de la obra.

El cálculo de las horas/hombre requeridas para cada tipo de actividad se obtiene del producto del rendimiento por la cantidad de material. Dichas cantidades se pueden extraer del modelo 3D con la

herramienta Autodesk Revit. A continuación, se muestran algunos ejemplos de las tablas de planificación y de cómputo de materiales que se han empleado para obtener las mediciones.

<Medición - Suelos>	
A	B
Tipo	Área
PLANTA 01	
Aislamiento térmico en suelo XPS 5 cm	392.95 m <sup>2</sup>
Losa estructural 25 cm	427.78 m <sup>2</sup>
Losa estructural - 20 cm	39.67 m <sup>2</sup>
Mortero autonivelante 6 cm	392.80 m <sup>2</sup>
Mortero autonivelante galerías 4 cm	33.46 m <sup>2</sup>
Pavimento cerámico 30x60	29.27 m <sup>2</sup>
Pavimento cerámico 45x45	32.34 m <sup>2</sup>
Pavimento cerámico 45x45 Galería	32.88 m <sup>2</sup>
Pavimento cerámico 60x60	26.08 m <sup>2</sup>
Pavimento laminado	247.82 m <sup>2</sup>

Figura 29: Tabla de planificación de suelos.

<Medición - fábrica y revestimientos verticales>	
A	B
Material: Nombre	Material: Área
PLANTA 01	
Aislamiento - Fibra mineral	815.54 m <sup>2</sup>
Aislamiento - Fibra mineral FXD ROC	134.99 m <sup>2</sup>
Cerámica blanca	202.91 m <sup>2</sup>
Enlucido - Blanco	352.68 m <sup>2</sup>
Hormigón - Hormigón moldeado in situ	21.03 m <sup>2</sup>
Ladrillo Gran Formato	322.56 m <sup>2</sup>
Ladrillo hueco	39.22 m <sup>2</sup>
Ladrillo LCV Blanco	203.02 m <sup>2</sup>
Ladrillo LCV Oscuro	55.15 m <sup>2</sup>
Mortero de una capa	274.95 m <sup>2</sup>
Placa de yeso laminado	1300.43 m <sup>2</sup>

Figura 28: Tabla de cómputo de materiales de muros.

Las tablas anteriores se han obtenido delo modelado LOD 350 donde se encuentran completamente definidos los materiales y composición constructiva de cada elemento. Se muestran las mediciones desglosadas por niveles y por familia y tipo de suelo (Figura 29) y por tipo de materiales de muros (Figura 28). De igual manera se obtiene el recuento de puertas y ventanas desglosadas también por niveles y por familia y tipo de cada categoría de elementos. Los cambios que se puedan realizar en el modelo durante la evolución del proyecto se actualizan automáticamente en cada una de estas tablas.

<Tabla de planificación de ventanas>		
A	B	C
Marca de Carpinería	Dimensiones	Recuento
PLANTA 01		
Celosía VB	1.20 x 1.72 m	4
Celosía VC	1.20 x 1.72 m	2
Celosía VD	1.20 x 1.72 m	2
PL-12-P	2.18 x 2.52 m	4
PL-15-D-2	2.13 x 0.90 m	1
VL-02-P	1.30 x 1.90 m	4
VL-04-P	1.30 x 1.62 m	2
VL-05-P	1.30 x 1.50 m	6
VL-05-P 6	1.30 x 1.25 m	1
VL-07-B	1.30 x 0.76 m	2
VL-09-B	0.40 x 0.60 m	2

Figura 30: Tabla de planificación de ventanas.

<Tabla de planificación de aparato sanitario>		
A	B	C
Familia	Tipo	Recuento
PLANTA 01		
Asiento de WC_2 con cisterna - B	640 x 360 mm	8
Bañera-Rectangular con grifo-3D	1500 x 700 x 498mm	2
Bañera-Rectangular con grifo-3D	1600 x 700 x 498mm	1
Bañera-Rectangular con grifo-3D	1700 x 700 x 498mm	1
Bidé (2)	530 x 350 mm	4
Cubeta de ducha - Desagüe en án	80x120	3
Cubeta de ducha - Desagüe en án	80x170	1
Fregadero de cocina-Simple	760 x 535mm	4
Grifería	Grifería	4
Sanitary_Compound-Units_Gala_7	SHONA 2DR Set 60 cm Galet	4
Sanitary_Compound-Units_Gala_7	SHONA 2DR Set 80 cm Galet	4

Figura 32: Tabla de lanificación de aparatos sanitarios.

<Tabla de planificación de Puertas>		
A	B	C
Tipo	Dimensiones	Recuento
PLANTA 01		
PL-15-D	2.13 x 1.30 m	3
H8 60	2.10 x 0.90 m	2
H9 60	2.10 x 1.00 m	2
P0	2.10 x 1.03 m	4
P7	2.10 x 0.75 m	15
P7V	2.10 x 0.75 m	5
P8	2.10 x 0.85 m	7
P8V	2.10 x 0.85 m	1
P9V	2.10 x 0.95 m	1
Registro R5	1.00 x 0.50 m	1
Registro R6	1.00 x 0.60 m	2
P7-3V	2.10 x 1.15 m	2
AB 2P40	2.06 x 0.90 m	1
AB 2P45	2.06 x 1.00 m	3
AB 2P50	2.06 x 1.10 m	3
AA 3P40	2.36 x 1.35 m	2
AA 3P45	2.36 x 1.45 m	1
AA 3P50	2.36 x 1.60 m	3
AA 3P55	2.36 x 1.75 m	2
AB 3P45	2.06 x 1.40 m	4
Cuadro Eléctrico	2.06 x 0.50 m	4
Total general: 68		

Figura 31: Tabla de planificación de puertas.

### 2.3.2. Automatización del proceso para elaborar la planificación basada en LOB

Una vez que se tiene toda la información de partida, se procede a los cálculos de las variables necesarias para elaborar el gráfico de Líneas de Balance. Para este ejercicio se han elaborado una serie de hojas de cálculo con la herramienta Microsoft Excel que facilitan la programación.

La primera hoja de cálculo contiene toda la información básica del proyecto explicada anteriormente: fechas de contrato, número de unidades a ejecutar, horas-hombre para cada actividad, conformación de las cuadrillas, dependencias de actividades. Los datos que contienen algunas de estas celdas dan origen a todo el proceso de cálculo de las demás hojas.

La segunda hoja es la que contiene todas las operaciones aritméticas necesarias para determinar los valores que se requieren para poder elaborar la gráfica de la LOB. La tabla siguiente (Figura 33) es un extracto de la hoja de cálculo, se observa que en las columnas correspondientes a las variables D (duración) y T (tiempo) se tienen dos valores, el primero corresponde al que se obtiene de aplicar la fórmula y el segundo corresponde al redondeo del valor obtenido. Para este ejemplo, se decidió que los valores de las duraciones de las actividades siempre se redondeen al entero inmediato superior, mientras que los valores de los tiempos transcurridos entre el inicio o terminación del primero al último tramo se redondearán al entero inferior o superior más inmediato. La tabla donde aparecen todas las actividades se ha incorporado en el Anexo 2 del presente trabajo.

ID	ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	RENDIMIENTO	HORAS-HOMBRE	TAMAÑO DE CUADRILLA	REQUERIMIENTO TEÓRICO DE RECURSOS (SEMANAS)	ASIGNACIÓN REAL DE RECURSOS (HOMBRES)	RENDIMIENTO REAL (SEMANAS)	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD (DÍAS)	TIEMPO (DÍAS)	BUFFER (DÍAS)	PENDIENTE DE LA RECTA	ID		
				UDS/H	H	C	$G = \frac{R \times H}{h \times d}$	g	$r = \frac{g \times R}{G}$	$D = \frac{H}{h \times c}$	$T = \frac{(n-1) \times d}{r}$	b	m			
A	FORJADO RETICULAR. ENCOFRADO	M2	467,45	0,138	64,51	5	2,69	5	3,10	1,61	2,00	12,74	18,00	0	0,62	A
B	FORJADO RETICULAR. FERRALLADO	M2	467,45	0,163	76,19	4	3,17	4	2,10	2,38	3,00	26,19	26,00	0	0,42	B
C	FORJADO RETICULAR. VERTIDO	M2	467,45	0,019	8,88	2	0,37	2	9,01	0,56	1,00	6,11	6,00	1	1,80	C
D	PIARES Y MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	M	77,14	0,079	6,09	2	0,25	2	13,13	0,38	1,00	4,19	4,00	0	2,63	D
E	LOSA INCLINADA DE ESCALERAS	M2	14,62	0,120	1,75	2	0,07	2	45,60	0,11	1,00	1,21	1,00	0	9,12	E
A-E	ESTRUCTURA	M2	467,45	1,386	648,00	9	27,00	9	0,56	9,00	9,00	99,00	99,00	0	0,11	A-E
F	FACHADA LADRILLO UNA CARA VISTA	M2	189,17	1,512	286,03	4	11,92	4	0,56	8,94	9,00	98,32	98,00	90	0,11	F
G	ALBAÑILERÍA INTERIOR	M2	359,88	0,302	308,68	1	4,53	2	0,74	13,59	14,00	74,72	75,00	5	0,15	G
H	AISLAMIENTO TÉRMICO DE FACHADA	M2	134,99	0,050	6,75	2	0,28	2	11,85	0,42	1,00	4,64	5,00	5	2,37	H
I	MORTERO AUTONIVELANTE	M2	426,26	0,030	12,79	4	0,53	4	12,51	0,40	1,00	4,40	4,00	5	2,50	I

Figura 33: Hoja de cálculo con operaciones aritméticas

La tercera hoja (Figura 34) es la que contiene todos los cálculos para poder elaborar la gráfica de la LOB correspondiente al proyecto que se ha programado. Por conveniencia, se han agrupado en cinco bloques, los cuales se describirán de acuerdo con el orden en que éstos se van ejecutando:

- En el primero, además de la nomenclatura de las actividades y los buffers, se vierten los resultados de las duraciones de las actividades y de los tiempos transcurridos entre el inicio o terminación del primero al último tramo que fueron calculados en la segunda hoja.
- En el tercer bloque se vierten las relaciones de dependencias entre actividades, las cuales son obtenidas de la primera hoja de cálculo.
- En el bloque 4 se obtienen los valores que corresponden a los inicios de la actividad analizada en función de las dependencias con las actividades que le preceden.

- El segundo bloque contiene los valores que corresponden a las fechas de inicio y terminación del primer y último elemento de cada actividad, señalados en rojo y azul respectivamente.
- En el quinto bloque se vierten los valores que sirven para graficar los paralelogramos correspondientes a cada actividad. Se requieren cinco valores para poder construir cada paralelogramo.

Una vez se tiene elaboradas las hojas de cálculo para programar con la técnica de la LOB es más sencillo el trabajo de ajustar la asignación de los recursos para cada actividad y “balancear” las líneas para obtener las tasas de productividad adecuadas. Permite, además, analizar un sin número de alternativas en cuestión de minutos y, en consecuencia, tomar mejores decisiones al respecto.

ACTIVIDADES REPETITIVAS CONTÍNUAS	BLOQUE 1				BLOQUE 2				BLOQUE 3				BLOQUE 4				BLOQUE 5						
	INICIO				0	FIN			304	DEP1	DEP2	DEP3	DEP4	DEP1	DEP2	DEP3	DEP4	1	1	12	12	1	
	ACT	D	T	b	IO	TO	IF	TF	IO	IO	IO	IO											
ESTRUCTURA	A-E	9	99	0	0	99	9	108	C	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0	9	108	99	0
FACHADA LADRILLO UNA CARA VISTA	F	9	98	60	70	168	79	177	A-E	-	-	-	-	70	-	-	-	-	70	79	177	168	70
ALBAÑILERÍA INTERIOR	G	14	75	21	54	129	68	143	A-E	-	-	-	-	54	-	-	-	-	54	68	143	129	54
TRASDOSADO + PARTICIONES DE YESO (EST)	J+K	8	87	7	97	184	105	192	I	-	-	-	-	97	-	-	-	-	97	105	192	184	97
INST ELÉCTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONE	M	4	88	2	107	195	111	199	J+K	-	-	-	-	107	-	-	-	-	107	111	199	195	107
INST FONTANERÍA	N	5	88	2	107	195	112	200	J+K	-	-	-	-	107	-	-	-	-	107	112	200	195	107
TRASDOSADO + PARTICIONES DE YESO (SEC)	P+Q	7	74	5	131	205	138	212	L	M	N	-	-	130	131	-	-	-	131	138	212	205	131
INSTALACIÓN DE ASCENSORES	R	20	106	5	178	284	198	304	U	-	-	-	-	178	-	-	-	-	178	198	304	284	178
ENFOSCADO DE MORTERO HIDRÓFUGO	S	5	27	5	120	147	125	152	N	M	-	-	-	120	120	-	-	-	120	125	152	147	120
REVESTIMIENTO CERÁMICO	T	6	63	5	153	216	159	222	P+Q	S	-	-	-	153	130	-	-	-	153	159	222	216	153
ENLUCIDO DE YESO MAESTREADO VERTICAL	U	2	43	15	172	215	174	217	M	N	-	-	-	171	172	-	-	-	172	174	217	215	172
FALSOS TECHOS CONTINUOS DE YESO LAMI	V	7	34	5	193	227	200	234	T	U	-	-	-	193	187	-	-	-	193	200	234	227	193
PAVIMENTO CERÁMICO ZONAS HÚMEDAS	W	4	22	5	217	239	221	243	V	-	-	-	-	217	-	-	-	-	217	221	243	239	217
CARPINTERÍA EXTERIOR DE PVC	X	2	22	15	227	249	229	251	V	-	-	-	-	227	-	-	-	-	227	229	251	249	227
PELDAÑEADO DE ESCALERAS	Z	4	36	5	185	221	189	225	U	-	-	-	-	185	-	-	-	-	185	189	225	221	185
PAVIMENTO CERÁMICO DISTRIBUIDORES	AA	2	14	5	225	239	227	241	V	-	-	-	-	225	-	-	-	-	225	227	241	239	225
PINTURA PLÁSTICA ACRÍLICA LISA (FONDEO	AD	3	28	3	232	260	235	263	X	-	-	-	-	232	-	-	-	-	232	235	263	260	232
PAVIMENTO LAMINADO	AE	3	31	2	237	268	240	271	X	AD	-	-	-	231	237	-	-	-	237	240	271	268	237
CARPINTERÍA INTERIOR DE MADERA	AF	9	32	2	242	274	251	283	AE	-	-	-	-	242	-	-	-	-	242	251	283	274	242
INST MOBILIARIO SANITARIO Y GRIFERÍA	AG	2	33	5	256	289	258	291	AF	-	-	-	-	256	-	-	-	-	256	258	291	289	256
MUEBLES DE COCINAS CON ARMARIOS ALTO	AH	2	34	5	256	290	258	292	AF	-	-	-	-	256	-	-	-	-	256	258	292	290	256
PINTURA PLÁSTICA ACRÍLICA LISA (DOBLAD	AI	3	28	5	269	297	272	300	AH	-	-	-	-	269	-	-	-	-	269	272	300	297	269
EQUIPAMIENTO DE COCINA	AJ	2	12	2	290	302	292	304	AI	-	-	-	-	290	-	-	-	-	290	292	304	302	290

Figura 34: Hoja de cálculo con operaciones para graficar las líneas de balance.

Es importante destacar que no todas las actividades constructivas que se prevén en la obra presentan las características adecuadas para ser programadas con la técnica de Líneas de Balance. Se ha planificado en estas hojas de cálculo solo las tareas que se ejecutan de manera continuada y requieren la presencia de los recursos permanentemente en obra. Hay actividades que por sus características o rendimientos de trabajo se realizan de forma discontinua. Es el caso, por ejemplo, de la aplicación del mortero autonivelante en las viviendas, o el aislamiento térmico de fachada. Estas actividades se realizan de manera discontinua, es decir, se programa uno o dos días en los que se presenta la cuadrilla de trabajadores, realizan sus actividades y luego se marchan hasta que vuelvan a ser requeridos. Pero las relaciones de dependencia que existen demuestran, por ejemplo, que, para poder instalar los tabiques de yeso laminado, el mortero autonivelante debe de estar ejecutado, y

previamente el aislamiento de fachada. Por tanto, no se pueden excluir de la planificación y han de tenerse en cuenta.

Para dar solución a esta problemática se ha elaborado una hoja de cálculo (Figura 35) donde se tiene en cuenta para elaborar la planificación, el cálculo de las duraciones de las actividades predecesoras a las discontinuas y asignándole un tiempo de desfase entre el final de una y el inicio de la otra (buffer) en cada planta tipo. Estas actividades serán representadas en la LOB como gráficos de dispersión (puntos en lugar de una recta). Se puede identificar estas actividades de manera muy simple desde los resultados que se obtienen de las operaciones aritméticas. En la Figura 35 la variable D (Duración de la actividad) presenta valores entre 1 y 3 días, lo cual es indicador de que las tasas de productividad son elevadas respecto al resto, por tanto, no es viable que las cuadrillas permanezcan continuamente en obra.

ACTIVIDADES DISCONTINUAS	BLOQUE 1				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ACT	D	T	b												
AISLAMIENTO TÉRMICO DE FACHADA	H	1	5	4	83	92	101	110	119	128	137	146	155	164	173	182
MORTERO AUTONIVELANTE	I	1	4	6	85	94	103	112	121	130	139	148	157	166	175	184
INST VENTILACIÓN DE VIVIENDAS	L	3	33	6	111	119	127	135	143	151	159	167	175	183	191	199
INST CLIMATIZACIÓN	O	2	22	2	114	122	130	138	146	154	162	170	178	186	194	202
CERRAJERÍA. CELOSÍAS DE GALERÍAS	Y	1	6	1	126	134	142	150	158	166	174	182	190	198	206	214
CERRAJERÍA. BARANDILLAS DE BALCONES	AB	2	12	2	127	135	143	151	159	167	175	183	191	199	207	215
CERRAJERÍA. BARANDILLAS DE ESCALERAS	AC	1	19	5	194	198	202	206	210	214	218	222	226	230	234	238

Figura 35: Hoja de cálculo de actividades discontinuas con operaciones para graficar las líneas de balance.

### 2.3.3. Gráfica de Líneas de Balance

Con los resultados de las tablas anteriores se obtiene el diagrama de Líneas de Balance (Figura 36). La misma se encuentra en el Anexo 3 de este trabajo para mejor apreciación. Con esta técnica se puede observar fácilmente la relación entre las actividades de la obra. El eje de coordenadas "Y" representa las unidades de obra (en este caso las plantas tipo), mientras que el tiempo está representado en el eje de coordenadas "X". La leyenda referencia las distintas actividades empleando la nomenclatura que se ha asignado en las tablas anteriores y la que se ha de emplear en próximos epígrafes para elaborar la planificación 4D en TimeLiner.

Un aspecto de la gráfica que resulta interesante de analizar es la organización de las actividades de estructura y de ejecución de fachada. El caso de estudio se trata de un edificio alto con 12 plantas típicas además de los áticos. Los trabajos en altura son un tema muy sensible en cuanto a la prevención de riesgos y la seguridad de los trabajos. Está prohibido, por ejemplo, que durante los trabajos de fachada se solapen actividades en distintos niveles sin las protecciones adecuadas. Para dar solución a este conflicto, se propone colocar marquesinas de seguridad en dos fases. De esta manera se hace posible que se pueda iniciar los trabajos de albañilería en fachada (F) sin haber terminado la fase de estructura (A-E).

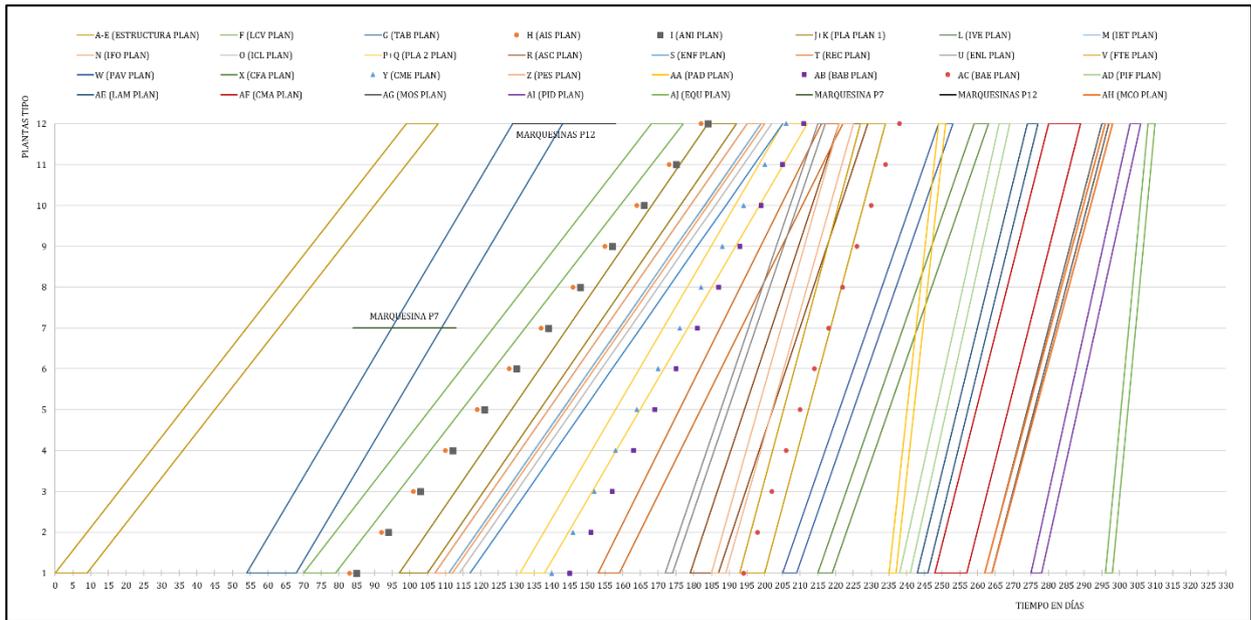


Figura 36: Gráfica de Líneas de Balance.

Tal y como se observa en la gráfica, la instalación de las primeras marquesinas se ha planificado en la Planta 7, y se ha considerado un tiempo de espera de 21 días luego de finalizada la actividad estructura en esa planta, tiempo necesario para el fraguado del hormigón y la retirada del apuntalamiento del forjado. La instalación de la segunda posición de las marquesinas en la planta 12 se planifica siguiendo el mismo criterio anterior y con el requisito adicional de utilizar las mismas piezas instaladas en la Planta 7.

El tiempo “muerto” que se habría originado entre las tareas de estructura y la ejecución de la fachada se ha eliminado al planificar en este intervalo de tiempo la ejecución de las particiones interiores de albañilería. El tiempo de espera es de 21 días, los mínimos necesarios para retirar el encofrado estructural. Desde el punto de vista de seguridad y salud, esto es posible ya que en todo momento el albañil estaría protegido por el propio forjado.

A continuación, se muestra la gráfica de líneas de balance (Figura 37) si no se hubiera tenido en cuenta todo lo anteriormente explicado, nótese que el inicio de la actividad particiones interiores de yeso laminado (J+K) se ha retrasado 79 días y se aprecia un tiempo de espera de 108 días en cada planta entre el final de la ejecución de estructura y el inicio de los trabajos en fachada, lo cual resulta inviable.

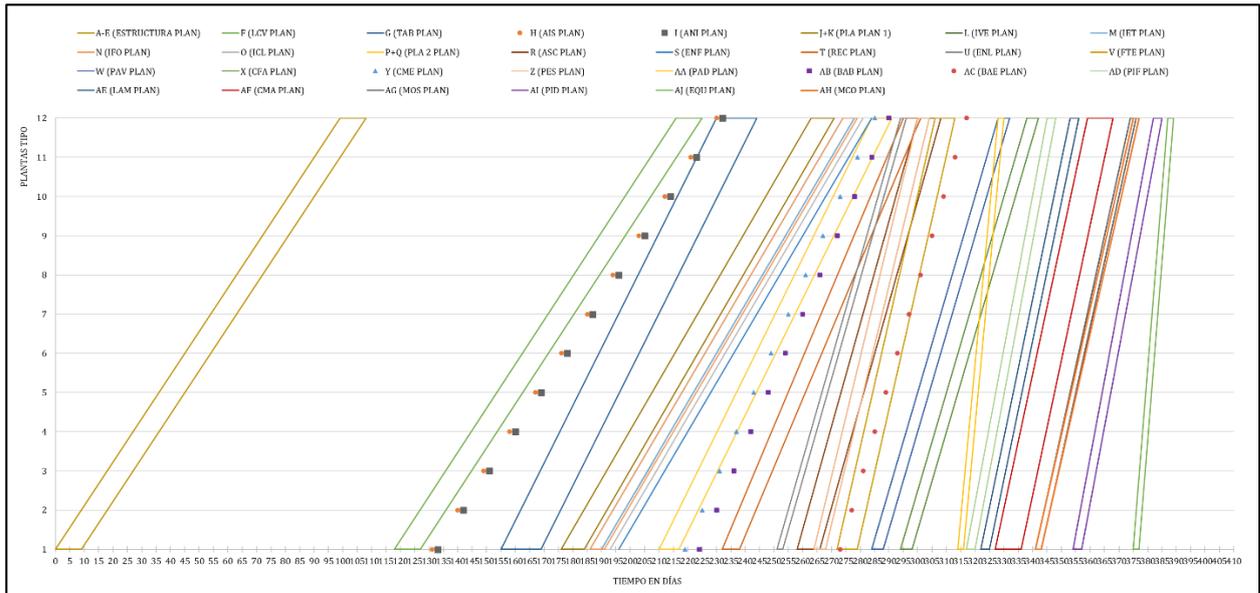


Figura 37: Gráfica de Líneas de Balance. Planificación de los trabajos de fachada sin marquesinas de seguridad.

En la gráfica de líneas de balance (Figura 36) se producen interferencias entre las líneas de varias actividades. Una de las aplicaciones más prácticas de este tipo de representaciones consiste en poder ubicar las tareas constructivas en espacio y tiempo, de manera que se puede analizar gráficamente y dar solución anticipada a los conflictos que se producen frecuentemente cuando varias cuadrillas coinciden en el tajo.

En los ejemplos de esta gráfica se han superpuesto la actividad de enlucido de yeso (U) en paredes de zonas comunes y revestimiento cerámico (T) de zonas húmedas de las viviendas. Aun cuando, en determinados intervalos de tiempo, estas tareas se van a realizar en una misma planta, no existe tal conflicto puesto que no hay relación de dependencia entre ambas y se producen en áreas distintas de la planta. De igual manera ocurre con el pavimento de los distribuidores (AA) y el pavimento de las zonas húmedas(W), las cuales tiene tasas de producción muy distintas, lo que provoca que no transcurran al mismo ritmo. La instalación de los ascensores (R) y el peldañado de las escaleras (Z), de acuerdo con la gráfica, se prevé que se ejecuten de manera prácticamente simultánea, lo cual tampoco generaría conflictos.

De acuerdo con la bibliografía estudiada en la primera parte de este trabajo, los autores sugieren mantener tasas similares de productividad y rendimiento de las distintas tareas. El resultado del presente ejercicio de planificación basado en la técnica de Líneas de Balance muestra que no ha de cumplirse necesariamente este criterio a lo largo de la ejecución de la obra. La gráfica muestra que la tasa de productividad (pendientes de las líneas) va aumentando proporcionalmente al avance de la obra. Según los cálculos que se hicieron para elaborar el diagrama de LOB, la ejecución de particiones interiores de albañilería (G) presenta un rendimiento de 0,56 (mismo valor que la ejecución de la fachada de ladrillo caravista), mientras que la instalación de pavimento laminado

(AE) y la instalación de muebles de cocinas (AH) presentan valores de 1,79 y 1,62 respectivamente. Esto demuestra que las actividades han de presentar tasas similares de rendimiento respecto a actividades predecesoras y sucesoras.

A partir de las hojas de cálculo anteriores se ha elaborado una última hoja de cálculo que se ha programado para interpretar los valores anteriores y generar un cronograma con las tareas indicando las fechas de inicio y fin para cada una. Esta tabla se empleará para volcar la información de la variable tiempo en la herramienta Navisworks. Básicamente se ha utilizado la función siguiente para realizar la sumatoria de la fecha de inicio de obra con los días que resultan de los cálculos anteriores, descontando los fines de semana y los días festivos. En el Anexo 4 del presente trabajo el autor muestra el cronograma de actividades (Planta 1 a Planta 12) de la obra 50 viviendas “Célere Elisae” resultante de la aplicación de la técnica de LOB.

=DIA.LAB(FECHA DE INICIO;DÍAS A SUMAR;DÍAS FESTIVOS)

## 2.4. Planificación BIM 4D

Una vez se tiene el cronograma de ejecución de la obra a partir de la planificación basada en la técnica de Líneas de Balance, se procede a la vinculación de dicho cronograma con el modelo 3D para obtener la cuarta dimensión, es decir la Planificación 4D.

En el presente trabajo se propone utilizar la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks Manage cuyo objetivo principal es incorporar la variable tiempo al modelo 3D exportado de Revit. A continuación, se plantea el flujo de trabajo que se debe llevar a cabo para obtener la planificación 4D del proyecto.

### 2.3.4. Preparación del modelo 3D importado a Navisworks Manage

El primer paso consiste en la preparación del modelo facilitado por los proyectistas. En el epígrafe dedicado al modelado 3D se explica el procedimiento para obtener el modelo con un nivel de desarrollo LOD 350, en el cual los diferentes elementos que componen el 3D, presentan toda la información referida a los materiales y detalles constructivos. La persona encargada de elaborar la planificación de obra debe seccionar cada uno de estos elementos tal y como se van a ejecutar. Los forjados han de dividirse en tantas piezas como sea necesario de acuerdo con la secuencia constructiva. En el caso de estudio del presente trabajo toda la superficie del forjado de las plantas tipos se ejecutará al mismo tiempo con lo cual no ha sido necesario seccionarlo, pero si se ha creado las piezas según los materiales para diferenciar las fases constructivas de forjado estructural, mortero autonivelante y por último pavimento laminado. Los muros han sido divididos tanto por las

capas de materiales que lo componen, como por los niveles. Esto es posible a través de la orden de Revit “Crear pieza” la cual se muestra a continuación en una captura de pantalla.

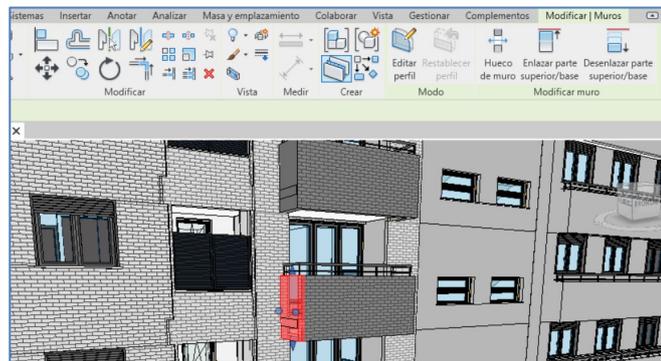


Figura 38: Orden Crear Pieza en Revit.

El siguiente paso consiste en crear un parámetro compartido de Revit que permita asignar un código específico a los elementos modelados de manera que permita vincular de manera automática dichos elementos con las tareas que forman parte de la planificación de la obra. Dicho parámetro se ha nombrado Id Construcción y pertenece al grupo de propiedades de Proceso por fases.

A continuación, se muestran las tablas con el criterio de clasificación y la nomenclatura que se ha empleado en el presente trabajo:

Tabla 11: Criterio de codificación para parámetro Id Construcción.

Codificación: **XXXN**

Ejemplo: **PILO** (pilares de planta baja)

Ejemplo: **MHA-1** (muros de contención de sótano)

Ejemplo: **CFA2** (muro cortina y ventanas de fachada en planta 2)

Ejemplo: **TEJ2** (tejado en voladizo de planta 2)

Tabla 12: Nomenclatura de los elementos del modelo para el parámetro Id Construcción.

Nomenclatura de elementos		Nomenclatura de niveles	
<b>PIL</b>	Pilares	<b>1</b>	Planta 1
<b>ESC</b>	Escaleras	<b>2</b>	Planta 2
<b>FOR</b>	Forjado estructural	<b>3</b>	Planta 3
<b>TAB</b>	Tabiques de albañilería	<b>4</b>	Planta 4
<b>LCV</b>	Fachada ladrillo caravista	<b>5</b>	Planta 5
<b>AIS</b>	Aislamiento de fachada (FIX ROC)	<b>6</b>	Planta 6
<b>ANI</b>	Mortero autonivelante	<b>7</b>	Planta 7
<b>PLA</b>	Particiones interiores de yeso laminado	<b>8</b>	Planta 8
<b>REC</b>	Revestimiento cerámico zonas húmedas	<b>9</b>	Planta 9
<b>PAV</b>	Pavimento cerámico zonas húmedas	<b>10</b>	Planta 10
<b>PAD</b>	Pavimento cerámico distribuidores	<b>11</b>	Planta 11
<b>LAM</b>	Pavimento laminado	<b>12</b>	Planta 12
<b>PES</b>	Peldaños de escaleras		
<b>FTE</b>	Falso techo de yeso laminado		
<b>ENF</b>	Enfoscado de mortero		
<b>ENL</b>	Enlucido de yeso		

<b>PIF</b>	Pintura interior (fondeado)
<b>PID</b>	Pintura interior (doblado)
<b>CFA</b>	Carpintería de fachada
<b>CMA</b>	Carpintería interior de madera
<b>CME</b>	Carpintería metálica
<b>BAB</b>	Barandillas de balcones
<b>BAE</b>	Barandillas de escaleras
<b>MOS</b>	Aparatos sanitarios
<b>MCO</b>	Mobiliario de cocina
<b>EQU</b>	Electrodomésticos
<b>ASC1</b>	Ascensor 1
<b>ASC2</b>	Ascensor 2
<b>ICL</b>	Instalación de climatización
<b>IET</b>	Instalación eléctrica y de telecomunicaciones
<b>IFO</b>	Instalación de fontanería
<b>IVE</b>	Instalación de ventilación de viviendas

En la Figura 39 se muestra un ejemplo de un elemento del modelo al que se le ha asignado su correspondiente código al parámetro Id Construcción: aislamiento de fachada en la planta 5, **AI55**.

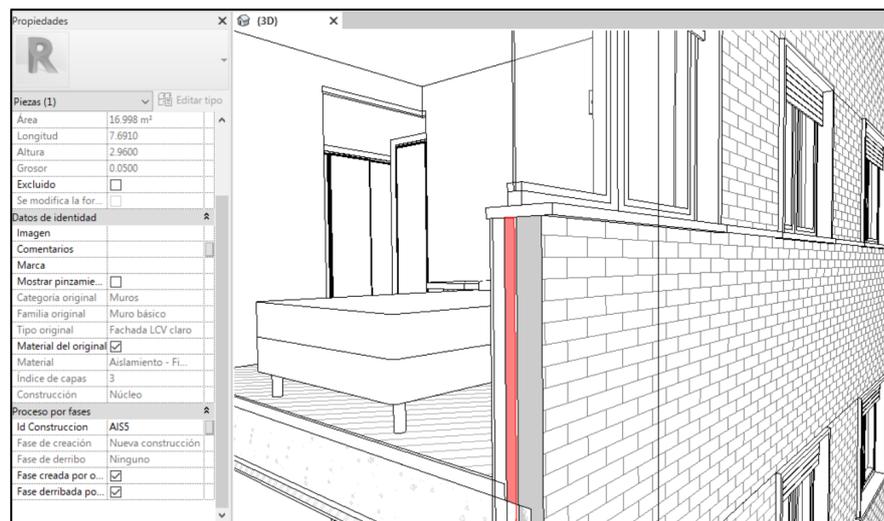


Figura 39: Ejemplo de utilización del parámetro Id Construcción.

El objetivo del presente trabajo es realizar la planificación y programación de la obra basado en Líneas de Balance y por tanto se ha realizado la planificación de las tareas que se corresponden a las plantas típicas (desde P1 hasta P12). Aunque se ha modelado el edificio de manera integral, la vinculación 4D se corresponderá con los objetivos de este trabajo. Una vez que se haya asignado la codificación del parámetro Id Construcción a todos los elementos se procede a exportar el modelo desde una vista 3D a formato Caché de Navisworks (.nwc).

El siguiente paso consiste en asignar la misma codificación a cada una de las tareas del cronograma de la obra que se ha generado en Excel, basado en la técnica de Líneas de Balance, luego se debe exportar a un formato de texto separado por comas (.csv), el cual será reconocido por la herramienta Navisworks.

### 2.3.5. Planificación 4D a través de TimeLiner

Una vez que se tiene abierto el proyecto en la herramienta Navisworks Manage se procede a importar el cronograma de la obra que se ha guardado en formato .csv. Durante la importación hay que prestar especial cuidado al vincular la información de las columnas del fichero importado con su respectiva columna que trae por defecto TimeLiner. Para que se produzca la asignación automática de los elementos del modelo a las correspondientes tareas del cronograma se debe vincular la columna “Usuario 1” de TimeLiner con la columna que trae la nomenclatura del parámetro Id Construcción que se ha empleado en Revit. En la Figura 40 se muestra el procedimiento para importar el cronograma de tareas.

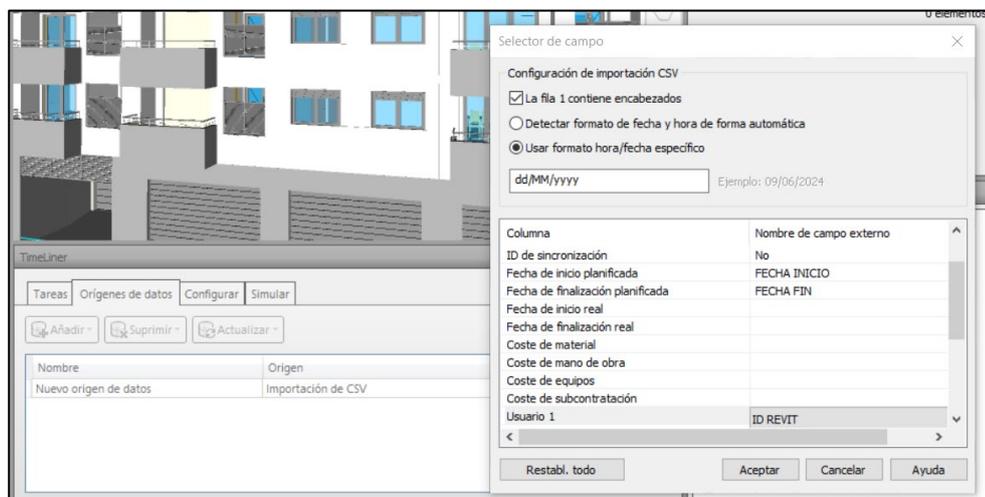


Figura 40: Importación del cronograma de tareas en formato .csv a Navisworks Manage.

Tal y como se ha explicado anteriormente, en el presente trabajo se va a realizar la simulación del proceso constructivo de las tareas que se prevén en las plantas típicas de la obra. Los elementos del modelo de los niveles inferiores a planta 1 y los niveles superiores a la planta 12 se verán representados durante la simulación en color amarillo y con transparencia de 90 %. Al finalizar la misma presentarán el aspecto del modelo. Para obtener dicha apariencia, las tareas que pertenecen a estos niveles se han clasificado de tipo Temporal. A continuación, se muestra una captura de pantalla que ilustra lo explicado anteriormente.



Figura 41: Configuración de los tipos de tareas en TimeLiner.

En las siguientes ilustraciones, se puede observar los resultados obtenidos de la simulación. Se muestran los avances cada 50 días laborables, en el cronograma importado se han descontado los fines de semana y calendario de días festivos.

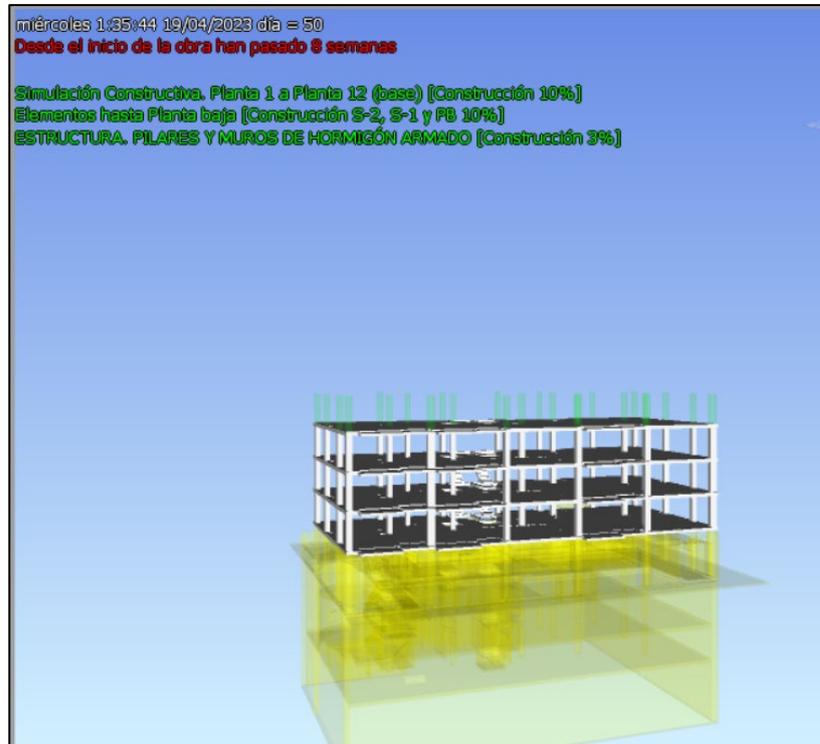


Figura 42: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 50.

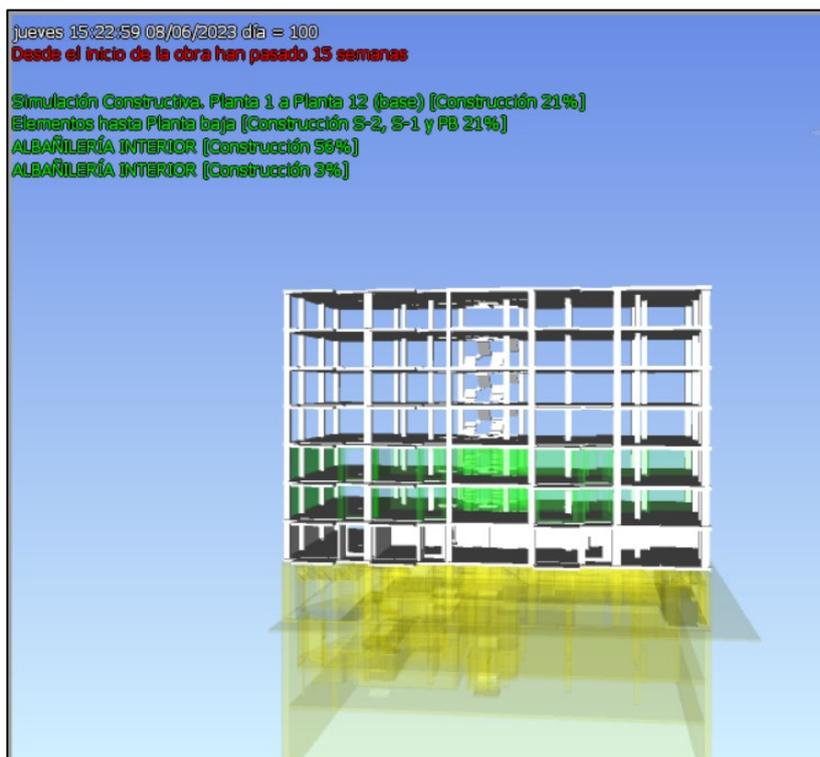


Figura 43: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 100.

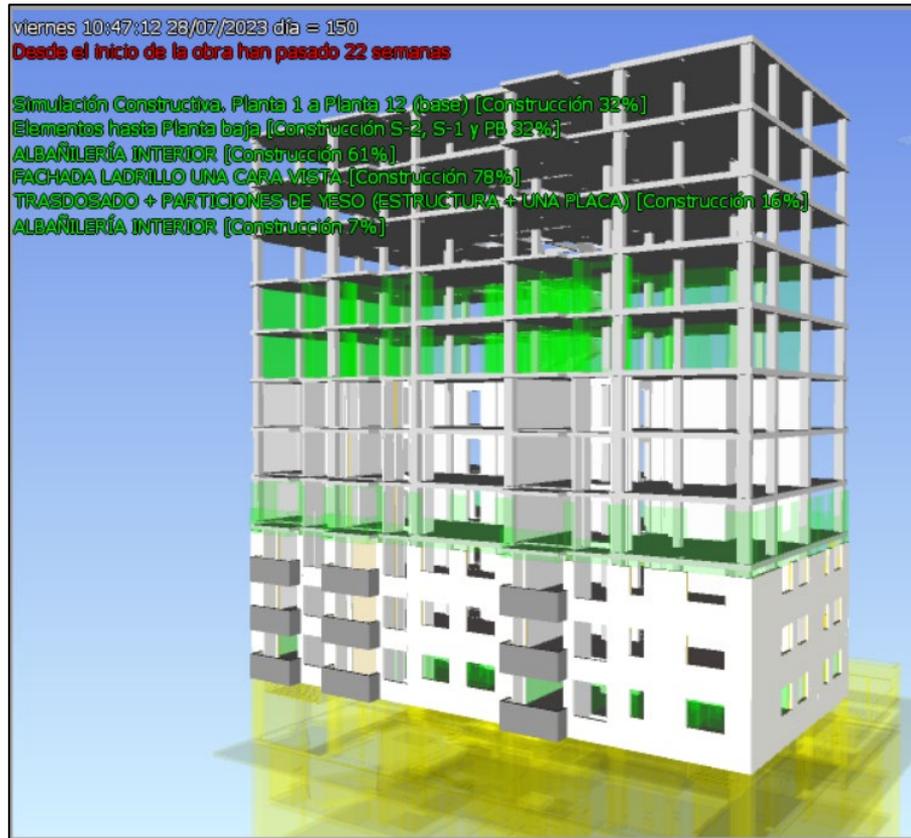


Figura 44: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 150.

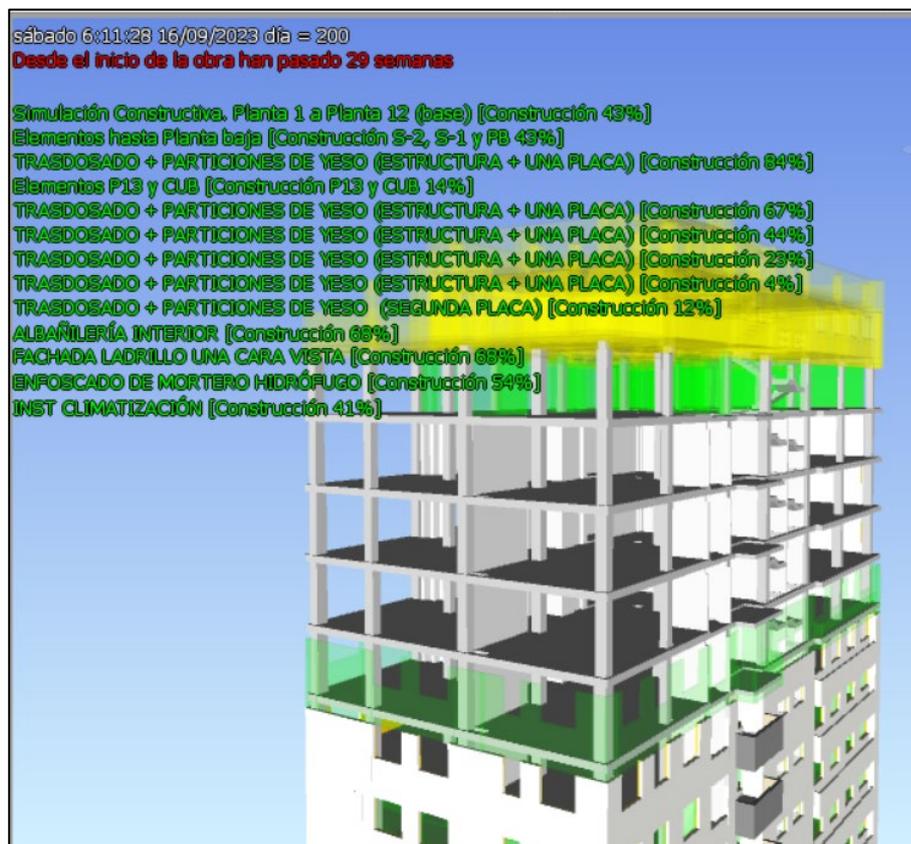


Figura 45: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 200.

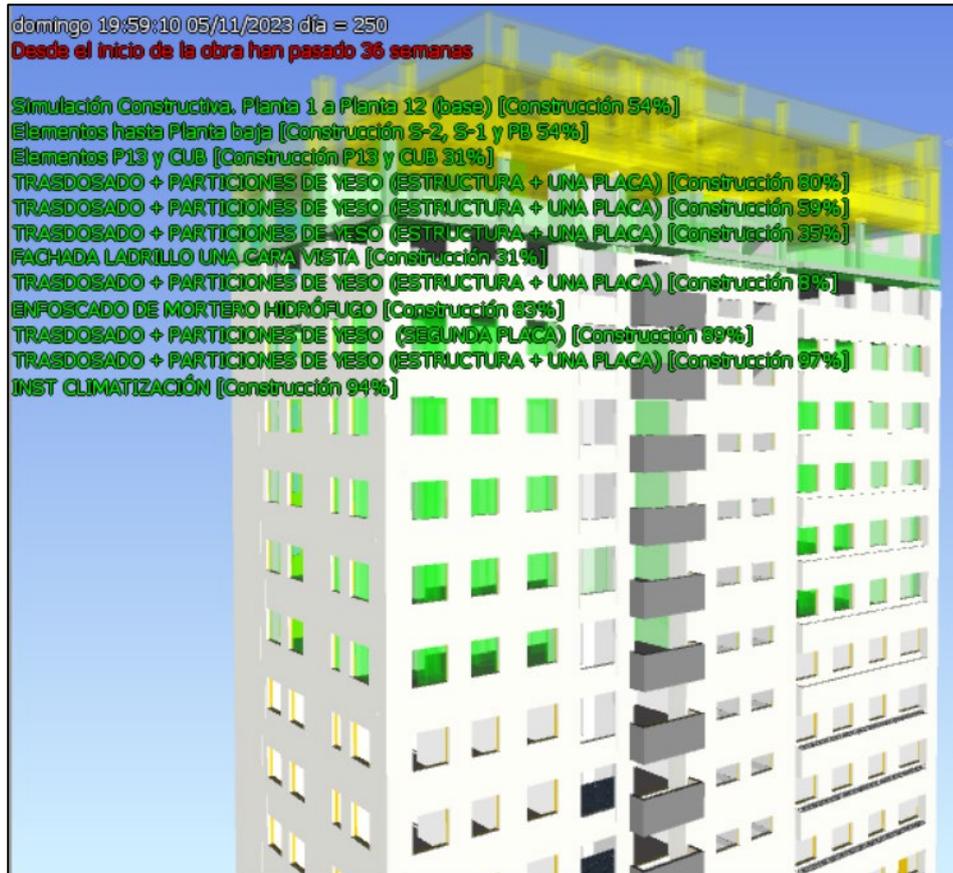


Figura 46: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 250.

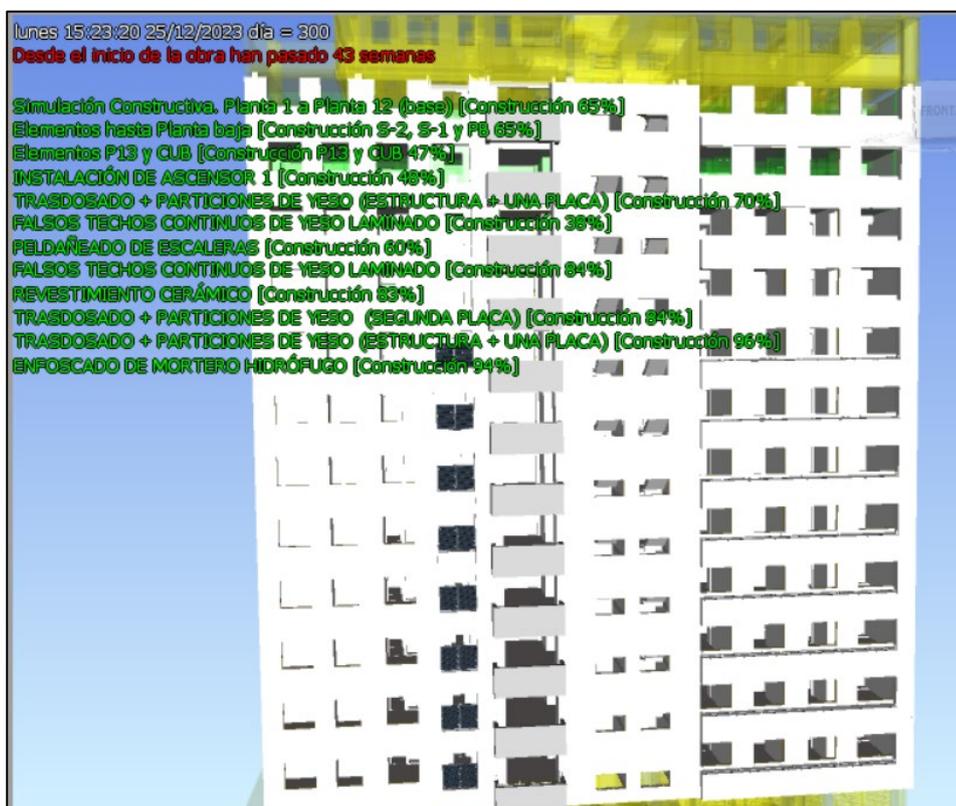


Figura 47: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 300.

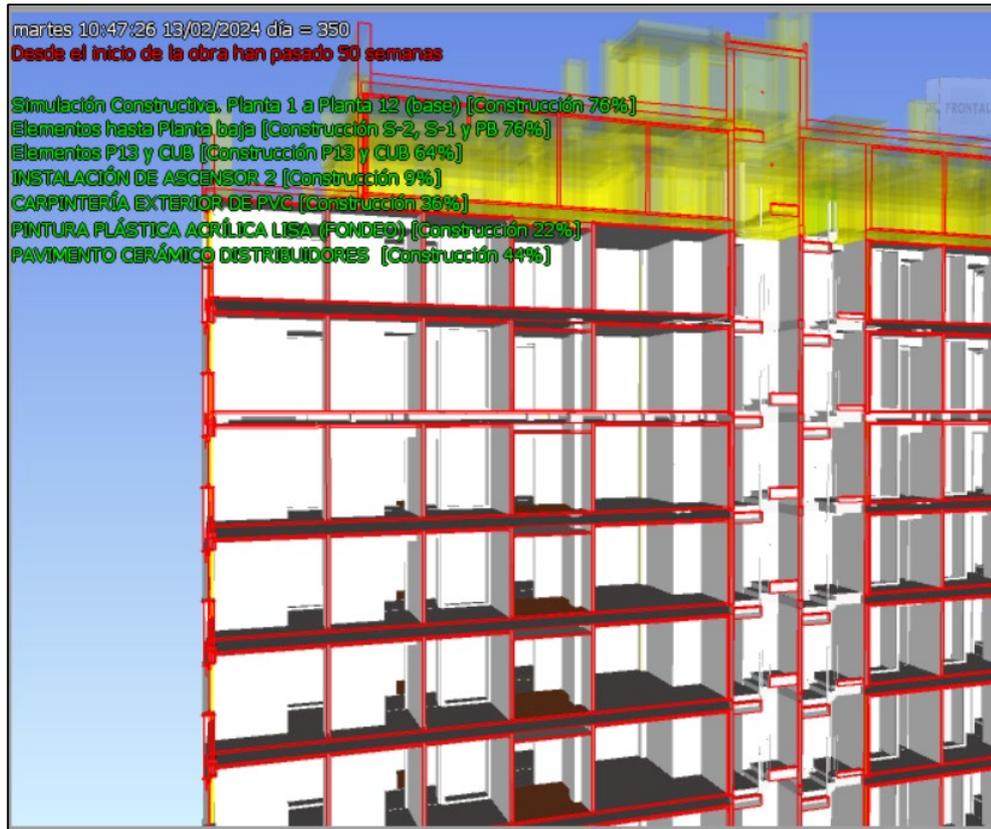


Figura 48: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 350.

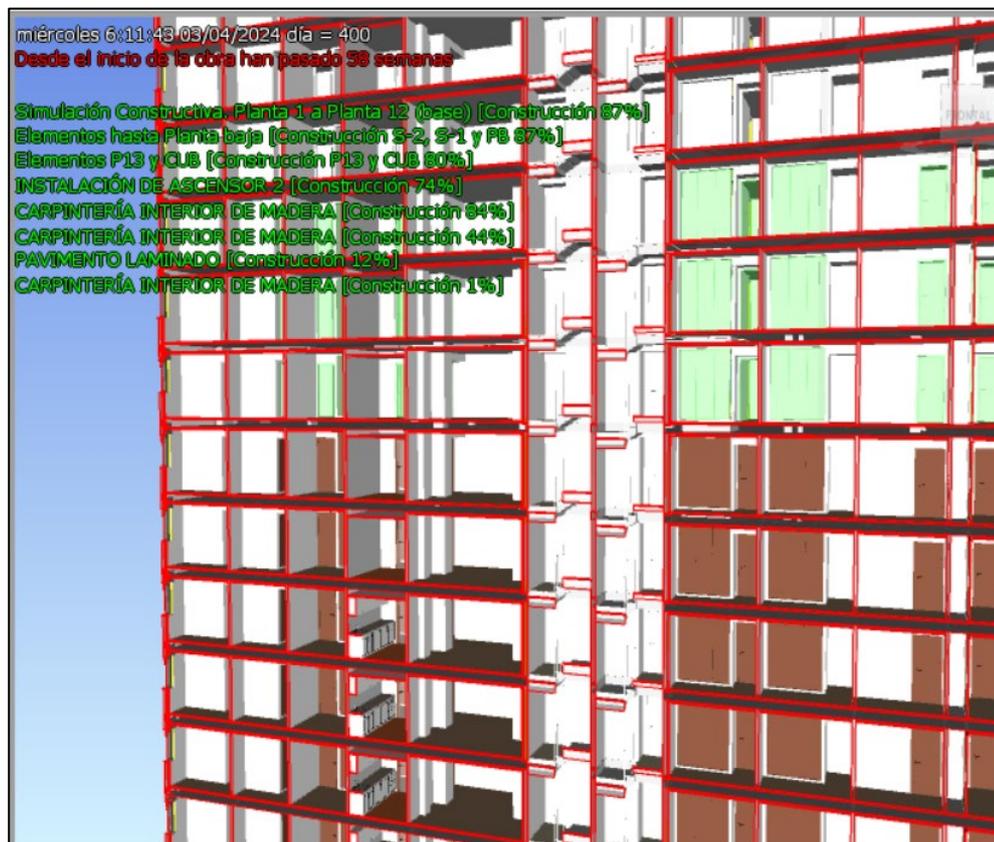


Figura 49: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 400.



Figura 50: Simulación constructiva. Planificación de la obra. Día 457. Fin de simulación.

En el Anexo 5 del trabajo la autora ha insertado un hipervínculo que contiene la ruta para acceder y visualizar la Simulación del proceso constructivo descrito anteriormente.

### 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Durante el desarrollo del presente trabajo, la obra de referencia ha estado en proceso de ejecución y se ha tenido acceso a toda su documentación y recursos. Esto ha posibilitado que se pueda analizar los distintos escenarios reales y los resultados obtenidos para comparar si, finalmente, el uso de BIM para la simulación de rendimientos de trabajo y detección de conflictos de programación ayuda a optimizar la programación de la obra y reducir el grado de incertidumbre con el que partimos.

En los siguientes epígrafes se propone analizar y comparar los resultados obtenidos en este ejercicio de planificación y programación basado en la técnica de LOB confrontados con los datos del cronograma real de ejecución de la obra llevada a cabo mediante los métodos tradicionales. Se propone contrastar la información relacionada solo con las actividades constructivas desarrolladas en las plantas típicas de la obra de referencia, lo que da respuesta a los objetivos planteados inicialmente de poner en práctica la aplicación de la técnica de Líneas de Balance para la planificación de las tareas con características repetitivas y secuenciales.

#### 3.1. Comparación de los resultados de la planificación y programación de la obra basado en la técnica de Líneas de Balance versus cronograma de ejecución real

En el presente epígrafe se realiza un análisis comparativo de las tareas de ejecución que se efectúan en las plantas típicas de la obra (Planta 1 a Planta 12). Para una mejor visualización, estas tareas se han agrupado en tres gráficas diferentes donde se muestran las tareas planificadas en líneas continuas y lo realmente ejecutado en líneas discontinuas.

Luego se elabora la simulación mediante la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks Manage con los datos del cronograma real de ejecución de la obra y se contrapone con la simulación obtenida en el apartado 2.3.5 del presente trabajo.

Se ha considerado que la fecha de inicio de cada tarea es el momento en que comienza la ejecución de los trabajos. Se ha obviado las fases de gestión, contratación y suministro de materiales y recursos. Para la planificación de las actividades se ha dado por hecho que los suministros y los recursos son constantes.

##### 3.1.1. Fase de ejecución de estructura y albañilería

La gráfica siguiente muestra las actividades planificadas superpuestas a las fechas reales en la que se ejecutaron las tareas correspondientes a la fase de estructuras y de ejecución de ladrillo caravista de fachada y tabiquería cerámica interior.

Factores de retraso en los inicios de las tareas respecto a las fechas planificadas:

*Ejecución de la estructura:*

-Mano de obra no cualificada, con poca o nula experiencia en construcción de edificios en altura y con el sistema de encofrado empleado.

*Ejecución de ladrillo caravista de fachada:*

-El retraso de la fase de estructuras repercute en los inicios de las actividades de albañilería.

-Problemas en la gestión y contratación de los andamios motorizados incrementan el atraso de la obra.

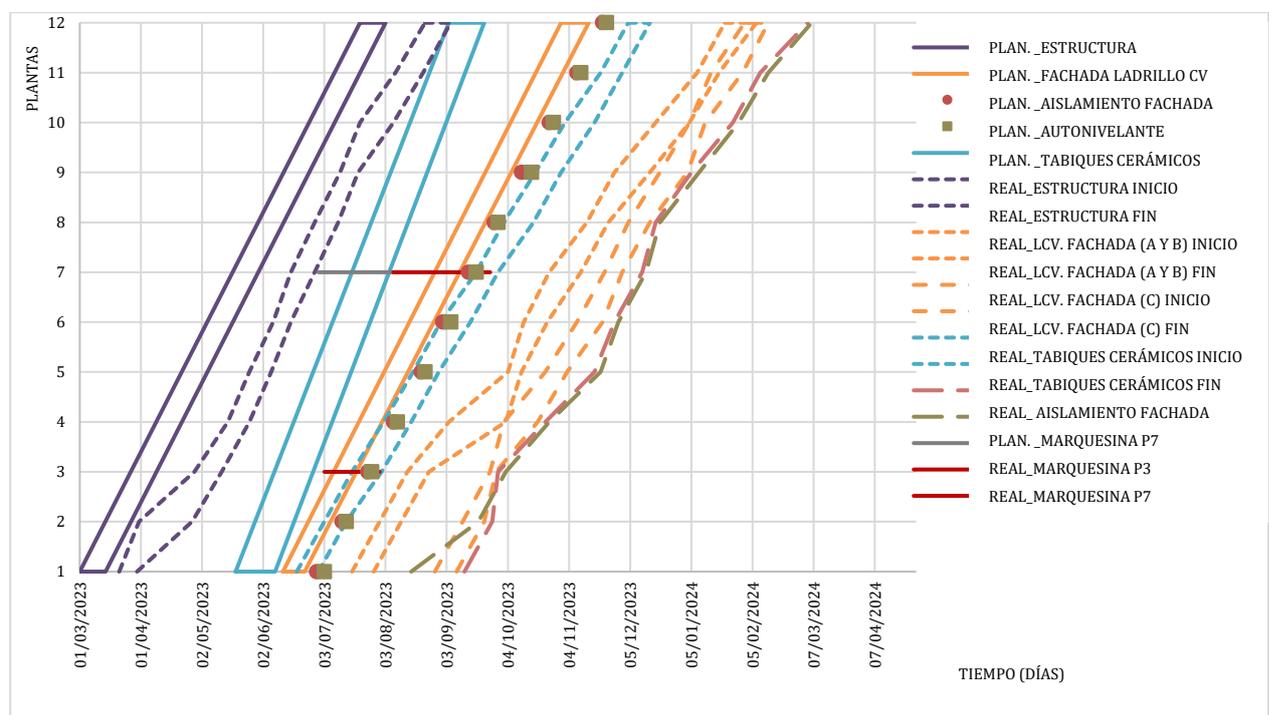


Figura 51: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Estructura y albañilería.

Con el objetivo de adelantar los trabajos en las fachadas se han instalado las primeras marquesinas en la planta 3, siendo lo previsto que se instalaran en la planta 7.

Es necesario destacar que la ejecución de la fachada de ladrillo caravista se planeó con un avance a planta terminada. Sin embargo, lo que realmente ocurrió fue que la primera cuadrilla de caravisteros se ubicó en las fachadas principal y lateral (tramo A y B), la fachada orientada a la piscina (tramo C) fue ejecutada por otra cuadrilla, la cual comenzó con un desfase de aproximadamente 45 días. Los motivos principales fueron los retrasos en la ejecución de las rampas de acceso al garaje que debía servir de apoyo a los mástiles del andamio motorizado. Los trabajos de aislamiento de fachada y aplicación de mortero autonivelante comenzaron con un retraso de más de 70 días.

### 3.1.2. Fase de ejecución de instalaciones y particiones interiores de yeso laminado

La gráfica siguiente muestra las actividades planificadas superpuestas a las fechas reales en la que se ejecutaron las tareas correspondientes a la fase de instalaciones y de ejecución de los tabiques de yeso laminado.

Factores de retraso en los inicios de las tareas respecto a las fechas planificadas:

-Se mantiene el desfase en las fechas de inicio de las tareas debido al retraso acumulado de las actividades analizadas en la gráfica anterior.

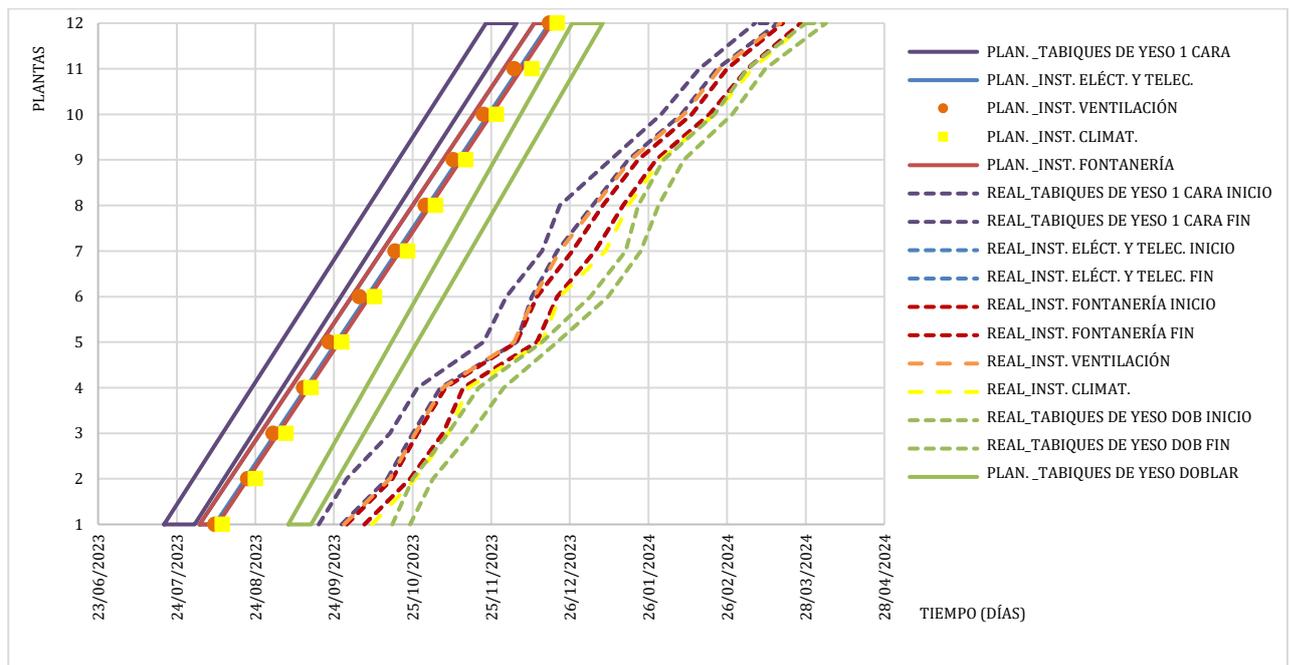


Figura 52: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Instalaciones y tabiquería de yeso laminado.

Una vez instalada la estructura y la primera cara de las particiones interiores de yeso laminado, se ejecutaron las instalaciones respetando el orden siguiente:

- Instalación de ventilación
- Instalación eléctrica y telecomunicaciones
- Instalación de fontanería
- Instalación de climatización

La tasa de producción de la actividad tabiques de yeso laminado durante la ejecución real de la obra, ha dependido de la productividad de las tareas predecesoras. Es por esto por lo que se notan diferencias considerables en la presente gráfica en cuanto a las líneas de balance resultado de la planificación y las tasas de productividad reales.

### 3.1.3. Fase de ejecución de acabados

La gráfica siguiente muestra las actividades planificadas superpuestas a las fechas reales en la que se ejecutaron las tareas correspondientes a la fase de acabados.

Se puede apreciar que la tasa de producción de la tarea de ejecución de falsos techos realmente ha sido más baja que lo programado. El motivo de esto es que se planificó considerando que existiría una cuadrilla solo para la instalación de falsos techos, independiente de las cuadrillas asignadas para la realización de las particiones de yeso. Durante la ejecución de la obra, se hizo necesario mantener solo dos cuadrillas las que se ocuparon de ambas actividades, requiriendo esfuerzos adicionales de coordinación para garantizar los avances adecuados y el ritmo constante de la producción de los trabajadores.

Por otra parte, se muestran diferencias en los avances de la actividad de enfoscado de mortero. En la elaboración de la planificación de la obra se consideró que los recursos se mantendrían constantes durante toda la obra. Sin embargo, la tasa de productividad fue mayor de lo prevista y por tanto la cuadrilla de trabajadores asistió durante intervalos de tiempo, los cuales se pueden identificar en la gráfica por los cambios de pendiente de las líneas que representan el avance de la tarea. ①

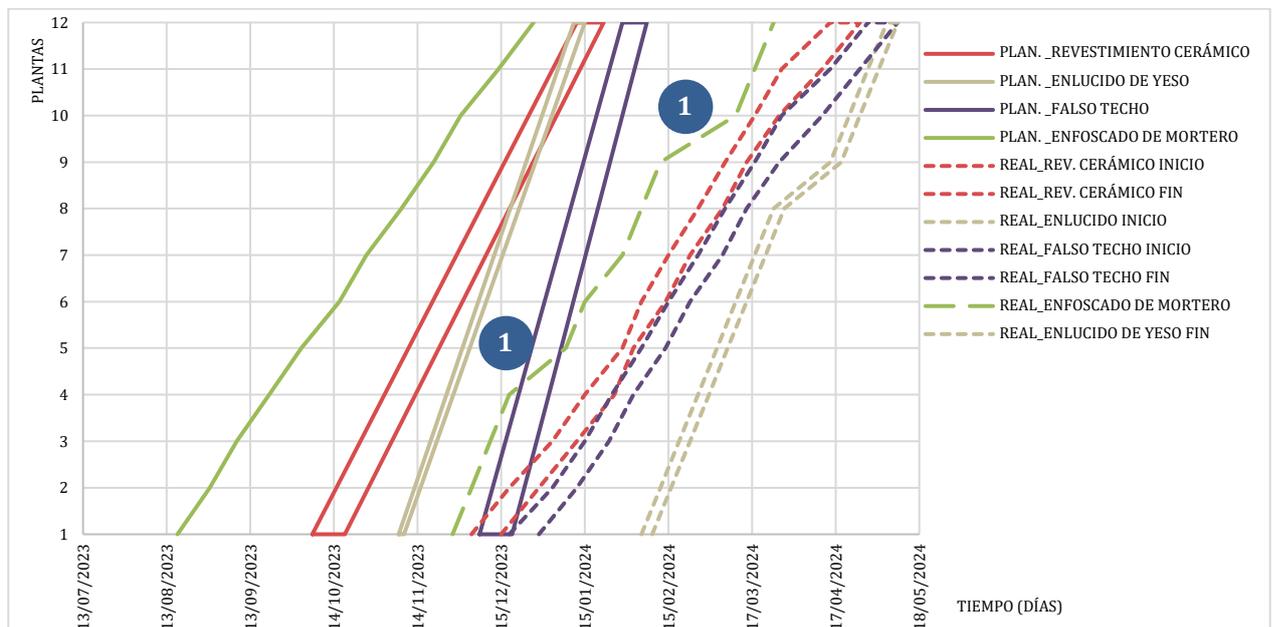


Figura 53: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: revestimientos.

En la siguiente gráfica se muestra que la instalación de la carpintería de fachada se comportó de manera similar a lo anteriormente explicado. Se observan cambios de inflexión ② que indican intervalos de tiempo en los que se frenó el avance de la colocación de las ventanas y balconeras.

Tareas como la colocación de las celosías de fachada y las barandillas de balcones sucedieron de manera diferente a lo previsto. Al ser elementos que no interfieren de manera directa en la ejecución

de otras actividades, se ha gestionado con el subcontratista la instalación de la cerrajería en una semana. Se aprecia la tasa de producción elevada real de estas actividades.

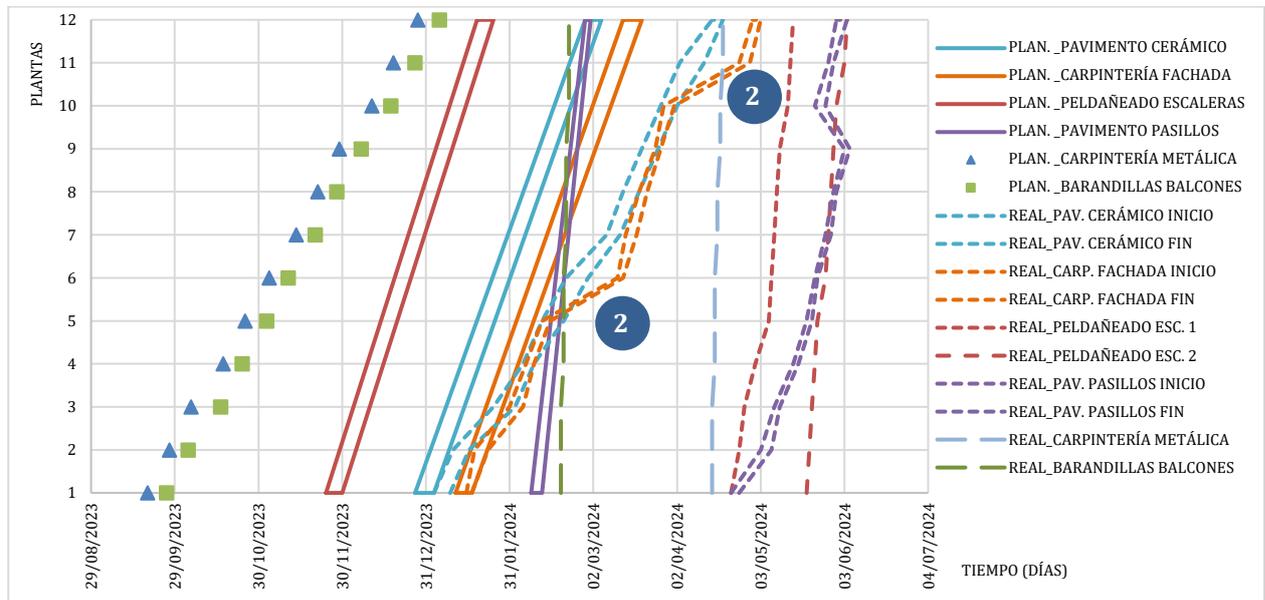


Figura 54: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pavimentos y carpintería de fachada.

Las actividades previstas para ejecutar los acabados de las escaleras en las plantas de viviendas sufrieron un retraso por suministro de material para el pavimento y peldaños. Esto sumado a problemas en la contratación de la cerrajería provocaron un desfase de 4 meses.

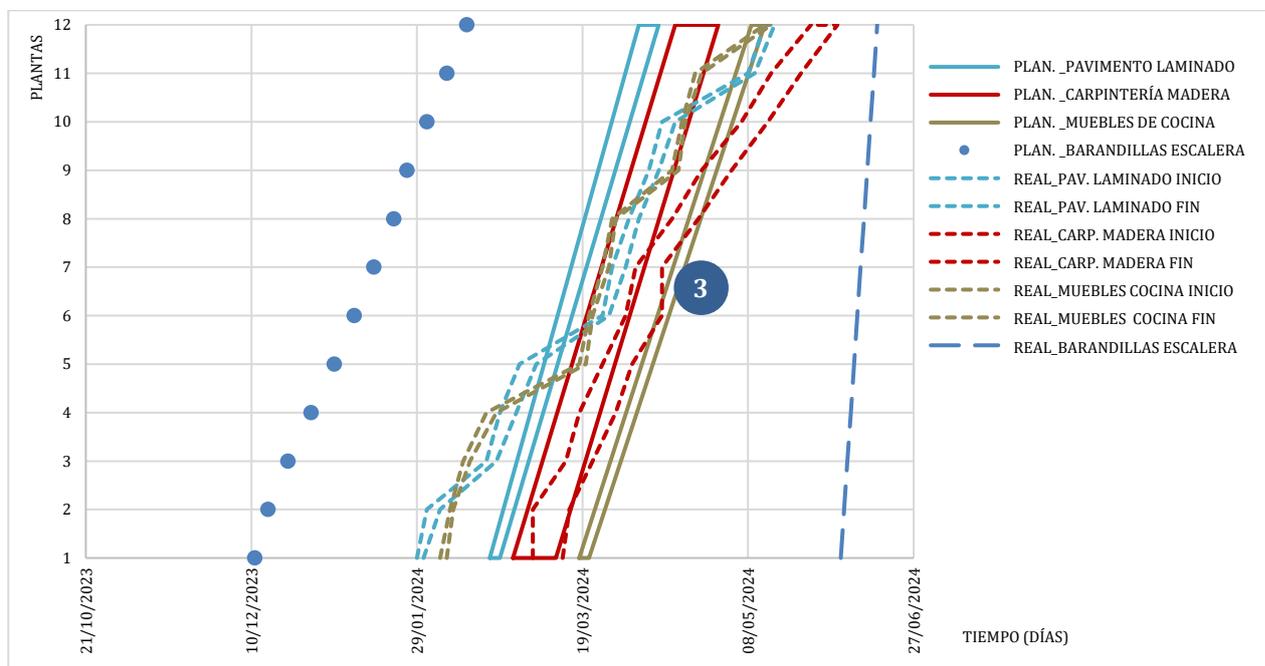


Figura 55: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pavimento laminado y carpintería interior.

Se observa que las tareas de aplicación de pintura interior y de instalación de pavimento laminado presentan comportamientos similares a otras analizadas anteriormente. Todas estas presentan una característica común y es que sus tasas de productividad son ligeramente más altas que las

predecesoras de las que dependen. No siempre es posible mantener un ritmo constante de producción en estos casos y las cuadrillas no están presentes en obra de manera continuada.

En las gráficas se observa que la tarea de instalación de carpintería interior de madera <sup>3</sup> ha sufrido una disminución considerable de la productividad a partir de la planta 7. Este cambio se ha producido porque el subcontratista ha disminuido la cantidad de trabajadores asignados a este trabajo. No se ha garantizado el mantenimiento constante de los recursos lo que repercute en otras actividades dependientes, por ejemplo, la instalación de mobiliario sanitario y grifería. <sup>4</sup>

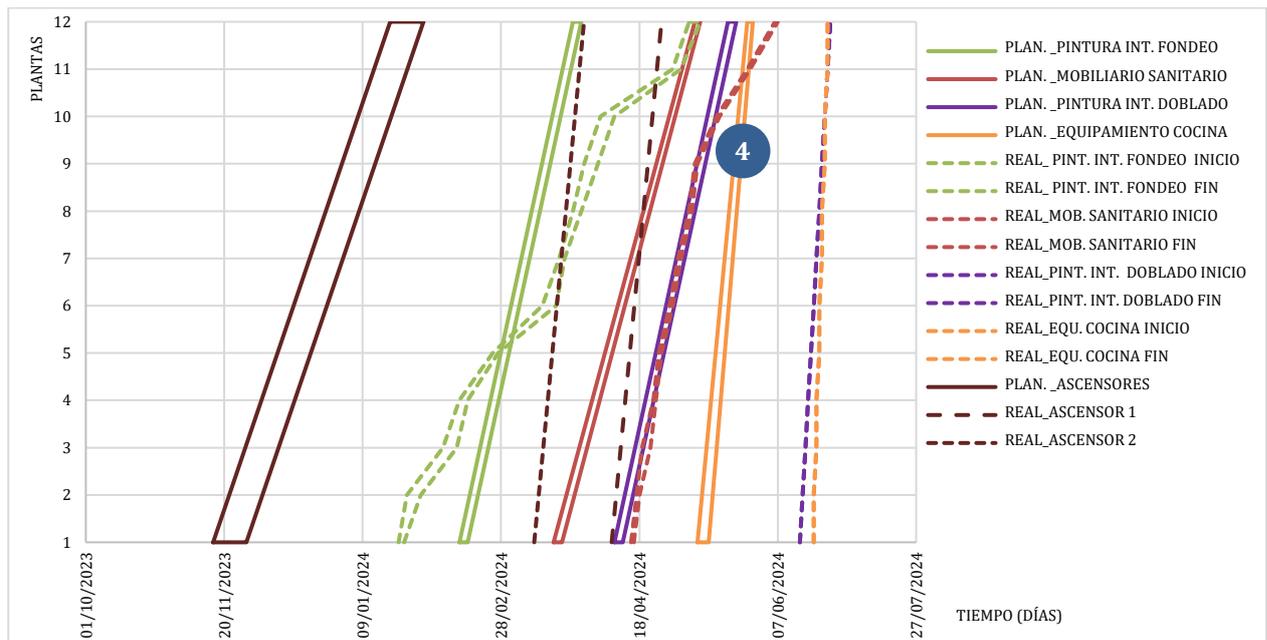


Figura 56: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Acabados: pintura, mobiliario sanitario, electrodomésticos y ascensores.

La instalación de ascensores, a pesar de iniciar con retrasos, muestra una tasa de producción mayor que la planificada. Eso se debe a que realmente se ha instalado el Ascensor 1 luego de terminada la instalación del Ascensor 2, al contrario de lo planificado, donde se había previsto el montaje de ambos como una única actividad.

### 3.1.4. Simulación mediante la herramienta TimeLiner con los datos del cronograma real de ejecución

Los datos recopilados del cronograma de ejecución real de la obra permiten elaborar la simulación del proceso constructivo tal cual se ha ejecutado. Para ello, se realiza el procedimiento descrito en el apartado 2.3.5 de este trabajo, donde se indica el flujo de trabajo para obtener la simulación mediante la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks Manage con los datos del cronograma real y se contrapone con la simulación obtenida de la planificación y programación elaborada basada en la técnica de Líneas de Balance.

En el Anexo 6 del trabajo la autora ha insertado un hipervínculo que contiene la ruta para acceder y visualizar la Simulación del proceso constructivo real de la obra.

### **3.2. Análisis de los factores que inciden en la variación de la productividad de las tareas de ejecución de la obra**

En el presente epígrafe se propone testear de manera independiente algunas de las tareas que han presentado distintos comportamientos en cuanto a sus tasas de producción. Se determinan cuales son los factores que han provocado tales variaciones y se realiza un análisis de las diferencias con respecto a la planificación realizada de las mismas.

#### **3.2.1. Estructura**

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción de las tareas de estructuras (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales)

Factores que provocan los cambios de inflexión de los valores de tasa de productividad:

① Se observa que las tareas de estructura en las plantas 1 y 2 duraron más de lo que estaba previsto. Sin embargo, a partir de la planta 3, el tiempo de ejecución disminuyó hasta alcanzar un ritmo constante. Esto se produce debido al efecto del aprendizaje en las actividades repetitivas. Durante la ejecución de la estructura en las primeras plantas, los trabajadores aprenden el flujo de trabajo para llevar a cabo las tareas, mientras más veces se repite, más fácil y rápido se produce.

② Lo planteado anteriormente entra en contradicción con el punto de inflexión que se produce en la planta 10 donde se observa que la tasa de producción disminuye y mantiene ese decrecimiento hasta la planta 12. Algunas de las actividades que se ejecutan en las plantas altas de edificios con tipología similar al caso de estudio de este trabajo, tienden a disminuir su tasa de producción. Eso es debido a varios factores:

1. Los equipos de obra, como por ejemplo las grúas torres, se demoran más en realizar las operaciones de izaje y traslado de las cargas lo cual incide directamente en la productividad de los trabajadores que dependen de las mismas.
2. Los tiempos de descanso de los trabajadores se alargan porque aumentan las distancias en altura que tienen que recorrer para bajar al comedor en los horarios establecidos y luego regresar al tajo.

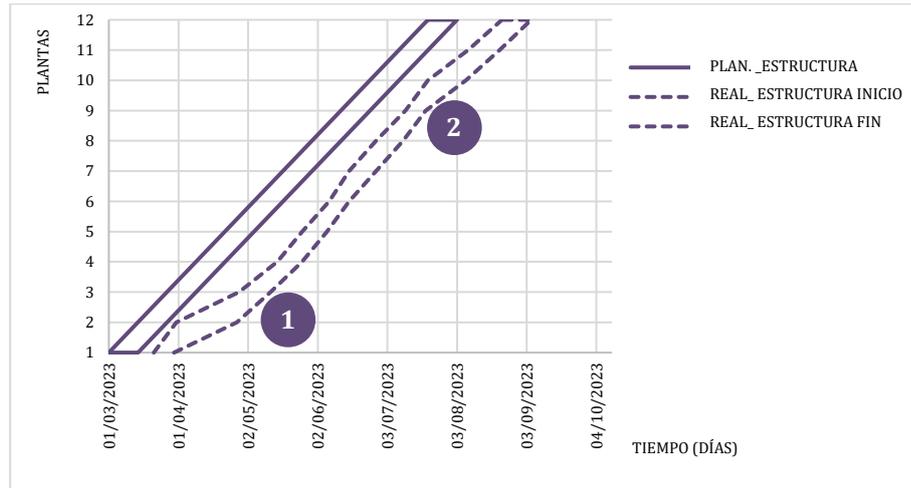


Figura 57: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Estructura.

Independientemente de las variaciones detectadas, se puede afirmar que la productividad real de las tareas de estructuras coincide con las tasas de productividad previstas como resultado de los cálculos de rendimientos, según la información empleada (Base de datos de construcción del Instituto Valenciano de la Edificación).

### 3.2.2. Fachada de ladrillo caravista

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción de las tareas de ejecución de la fachada de ladrillo caravista (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales)

Factores que provocan los cambios de inflexión de los valores de tasa de productividad:

- 1 Se observa que la planta 3 de la fachada A y B se produce una disminución considerable de la productividad. En este caso el factor que provocó el punto de inflexión fue el retraso que mantuvo la subcontrata en el recrecido de los andamios motorizados, estos problemas se mantienen hasta completar los trabajos en la planta 4. Se observa que desde la planta 5 hasta la planta 9 se alcanza un ritmo similar a la inicial.
- 2 Los trabajos en la fachada C se han iniciado con un desfase de tiempo considerable con respecto a la fachada A y B. El factor que provocó este retraso es igualmente la gestión del subcontratista responsable de la instalación de los andamios motorizados. A partir de la planta 3 se observa un aumento de la productividad debido al factor del aprendizaje explicado anteriormente.
- 3 Se aprecia que a partir de la planta 9 se produce una ligera disminución de la productividad. Los trabajos en fachada con empleo de andamios motorizados se ven afectados por el aumento de la distancia en altura. Pueden ser varios los factores que lo provocan:

-Aumenta el tiempo que se requiere para la subida a planta de los suministros. Por ejemplo, el servicio de mortero de confección de fachadas se vuelve más lento porque el equipo de obra ya sea la grúa torre o el montacargas, recorre una distancia más larga.

-El tiempo de los trabajadores para ascender o descender desde los andamios motorizados aumenta a medida que se incrementa la distancia a recorrer por los mismos. En cumplimiento de las medidas de seguridad, no está permitido que los trabajadores pasen al interior de las plantas si no existe una puerta de paso adecuada para ese uso, por lo que están obligados a descender del andamio una vez que este se encuentre abajo.

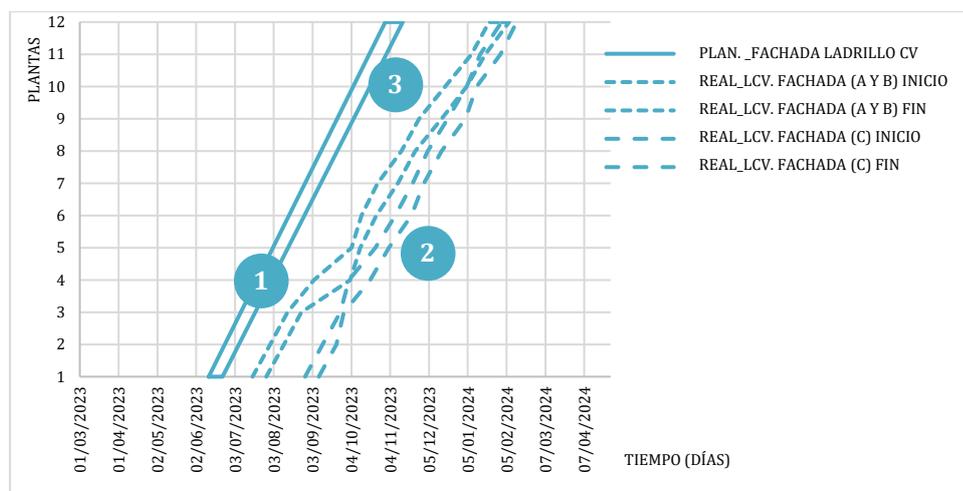


Figura 58: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Fachada de ladrillo caravista.

Resulta conveniente a la hora de planificar esta actividad, desglosar las tareas de ejecución de las fachadas de ladrillo caravista por tramos, por ejemplo, separadas por la junta de dilatación vertical. De esta manera se puede prever que varias cuadrillas trabajen en distintas fachadas y avancen de manera independiente unas de otras.

### 3.2.3. Particiones interiores de albañilería

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción de las tareas de ejecución de las particiones interiores de ladrillo (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales). Se aprecia un ritmo de trabajo continuo y con similar tasa de producción durante toda la obra. En la ejecución de las primeras plantas no se aprecia valores menores de productividad debido a que las tareas no son complejas. Esta actividad no se ve afectada por los trabajos en altura siempre que se garantice el servicio constante de materiales y recursos de mano de obra.

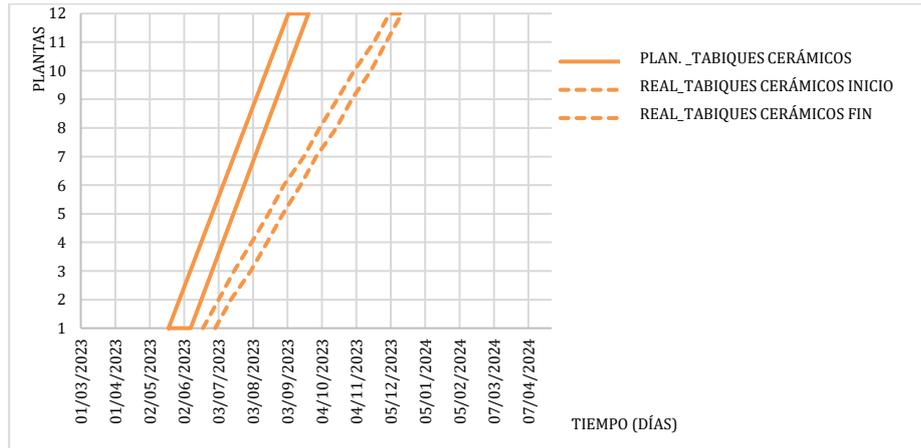


Figura 59: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Particiones interiores de albañilería.

Es importante destacar que existen diferencias entre la planificación y lo realmente ejecutado debido a que se había previsto una cuadrilla de dos trabajadores y luego durante la ejecución fue necesario disponer de un solo trabajador para garantizarle un ritmo de trabajo constante.

### 3.2.4. Particiones interiores de yeso laminado

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción de las tareas de ejecución de las particiones interiores de ladrillo (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales).

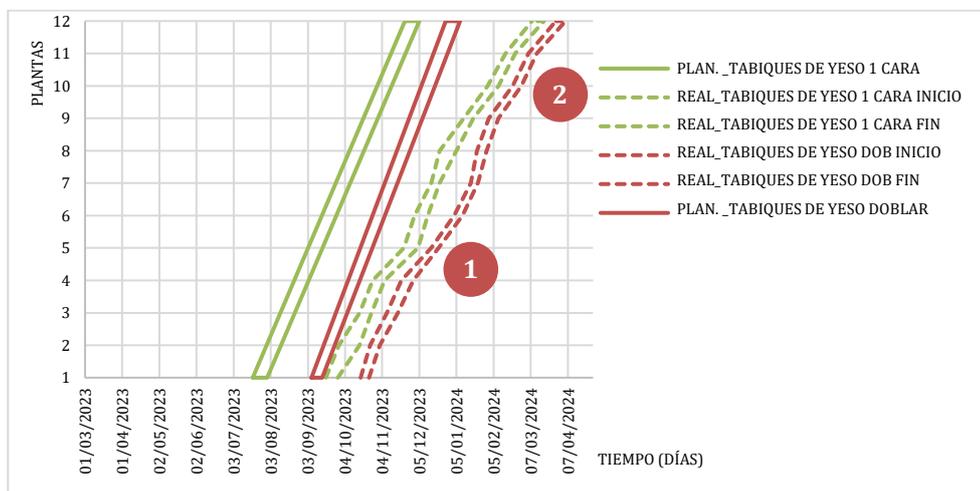


Figura 60: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Particiones interiores de yeso laminado.

1 Anteriormente se ha mencionado que las dos cuadrillas destinadas a la ejecución de los tabiques de yeso laminado no siempre estuvieron realizando estas tareas, sino que también se ocuparon de la ejecución de los falsos techos. Esto explica por qué no se aprecia en la gráfica el ritmo continuo de trabajo deseado.

② Se aprecia una disminución de las tasas de producción a partir de la planta 8 lo que demuestra que en estas tareas también influye el factor del incremento de la altura para la realización de los trabajos puesto que se ve afectado el suministro y descarga de material en plantas altas, lo cual ralentiza su ejecución.

### 3.2.5. Revestimiento cerámico

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción de las tareas de revestimiento cerámico en zonas húmedas (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales).

① En la realización de los trabajos de revestimiento cerámico en zonas húmedas de las viviendas de las plantas 1 y 2 se observa que el tiempo de duración de la actividad es mayor que en plantas superiores. Como hemos visto en algunos ejemplos anteriores, esto es debido al efecto aprendizaje que se produce en las actividades de tipo repetitivas, como en este caso.

② En la planta 5 se produce una disminución considerable de la duración de realización de la actividad y por tanto un incremento de la tasa de producción producido por un aumento puntual de la mano de obra que luego no se mantiene en las plantas superiores.

③ Se aprecia una disminución de las tasas de producción a partir de la planta 10 lo que demuestra que en estas tareas también influye el factor del incremento de la altura para la realización de los trabajos debido a que se ve afectado el suministro y descarga de material .

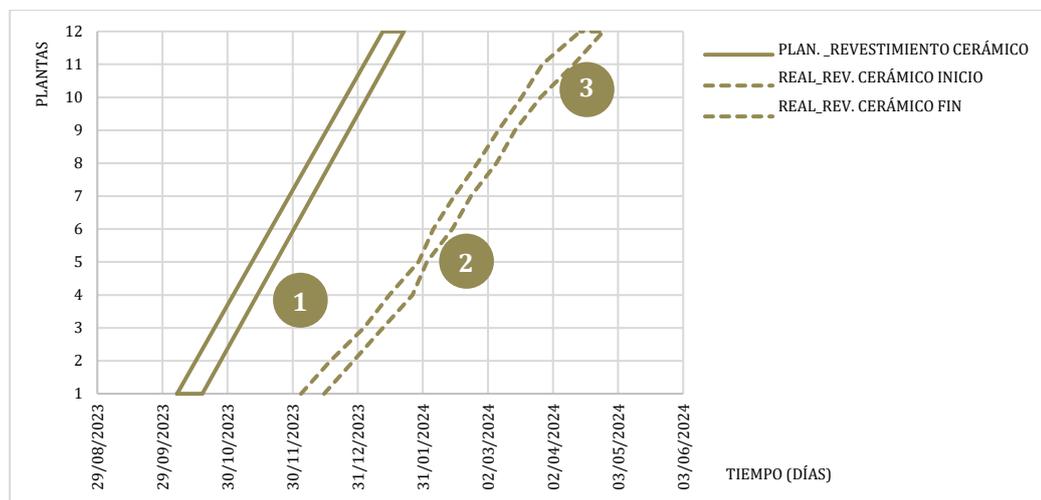


Figura 61: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Revestimiento cerámico.

Si no se tienen en cuenta las variaciones antes mencionadas, se puede afirmar que la productividad real de las tareas de revestimiento cerámico es similar a las tasas de productividad previstas como resultado de los cálculos de rendimientos, según la información empleada (Base de datos de construcción del Instituto Valenciano de la Edificación).

### 3.2.6. Mobiliario de cocina

La siguiente gráfica muestra la tasa de producción del montaje del mobiliario de cocinas (en línea continua los valores planificados y en línea discontinua los valores reales).

La actividad de instalación de mobiliarios de cocina y el resto de los casos mencionados en el epígrafe 3.1 del presente trabajo, constituyen un ejemplo de actividades que se han mantenido con un avance discontinuo, en las que los trabajadores no han permanecido en la obra hasta la finalización de sus tareas.

La planificación y programación basado en la técnica de líneas de balance no es el método adecuado para actividades repetitivas que a su vez presentan características similares a este ejemplo: con tasas altas de productividad respecto al resto de tareas, que no constituyen el camino crítico de otras actividades dependientes de estas o que no bloqueen el avance de otras actividades sucesoras.

La gráfica demuestra que para el montaje de las cocinas se seccionó los trabajos en 4 etapas.

- 1 Planta 1 a planta 4.
- 2 Planta 5 a planta 8.
- 3 Planta 9 a planta 12.
- 4 En la planta 12, por problemas de coordinación y retraso en tareas predecesoras no fue posible instalar las cocinas por lo que se retrasa respecto a las plantas inferiores.

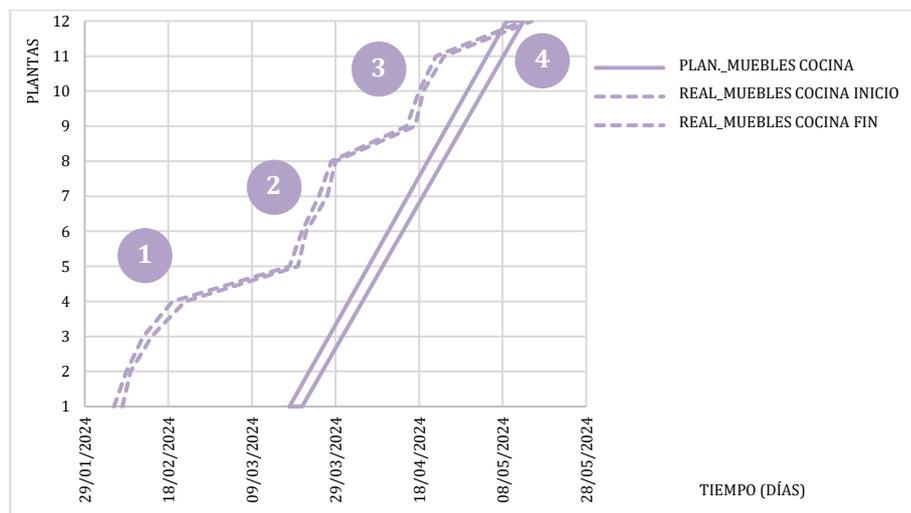


Figura 62: Gráfica Comparativa Plan vs Real. Mobiliario de cocina.

Nótese que, a pesar de los contratiempos y retrasos acumulados desde la fase de estructuras de la obra, los esfuerzos realizados por alcanzar los plazos obtienen sus frutos durante la última fase de construcción. En esta tarea en concreto ha sido posible instalar las cocinas en la planta 13 en tiempo previsto.

### 3.3. Simulación de detección de interferencias con la herramienta TimeLiner

A través de la herramienta TimeLiner de Autodesk Navisworks es posible realizar la simulación de detección de interferencias entre equipos de trabajo de distintos oficios. A continuación, se aplicará el flujo de trabajo para detectar colisiones mediante este método en uno de los casos analizados anteriormente.

En la siguiente figura se observa que, según la información arrojada por la gráfica de las Líneas de Balance, es probable que, durante la ejecución de las tareas de falsos techos y pavimentos cerámicos en el interior de las viviendas, se produzcan interferencias entre los equipos de trabajo en algunas plantas de la obra. ❶

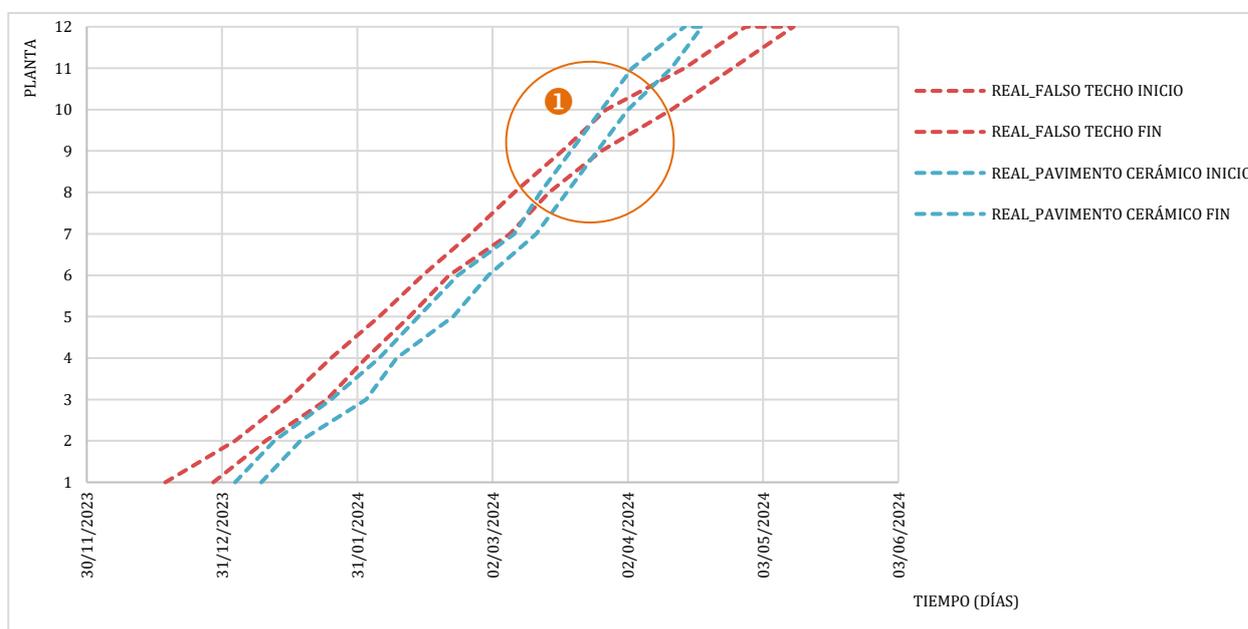


Figura 63: Detección de Interferencias. Falso techo vs Pavimento cerámico.

Una vez que se tienen identificados los posibles casos de colisión se procede a analizar si puede ocurrir realmente y en que áreas de la obra es probable que se produzca. Para ello se propone introducir Masas Conceptuales en el modelo 3D con el nivel de desarrollo LOD 350 elaborado anteriormente con la herramienta Autodesk Revit.

Las masas conceptuales que se modelen deben representar no solo el espacio que ocupa el elemento a construir por los equipos de trabajo, sino que también se debe tener en cuenta todo el área a ocupar por estos. Se debe incluir las áreas de acopio de materiales, de posicionamientos de equipos y medios auxiliares, así como las circulaciones de acceso al tajo.

La siguiente figura muestra una vista del modelo en una planta tipo donde están representadas las masas conceptuales que se han modelado para delimitar el espacio ocupado por el equipo que ejecuta los falsos techos en el interior de las viviendas.



Figura 64: Masas conceptuales que representan el área que ocupa el equipo de trabajo para la realización de falsos techos en una planta tipo.

De la misma manera que en la anterior, la siguiente figura muestra una vista del modelo para visualizar las masas conceptuales modeladas para indicar el espacio ocupado por el equipo que ejecuta el pavimento cerámico de las zonas húmedas de las viviendas.

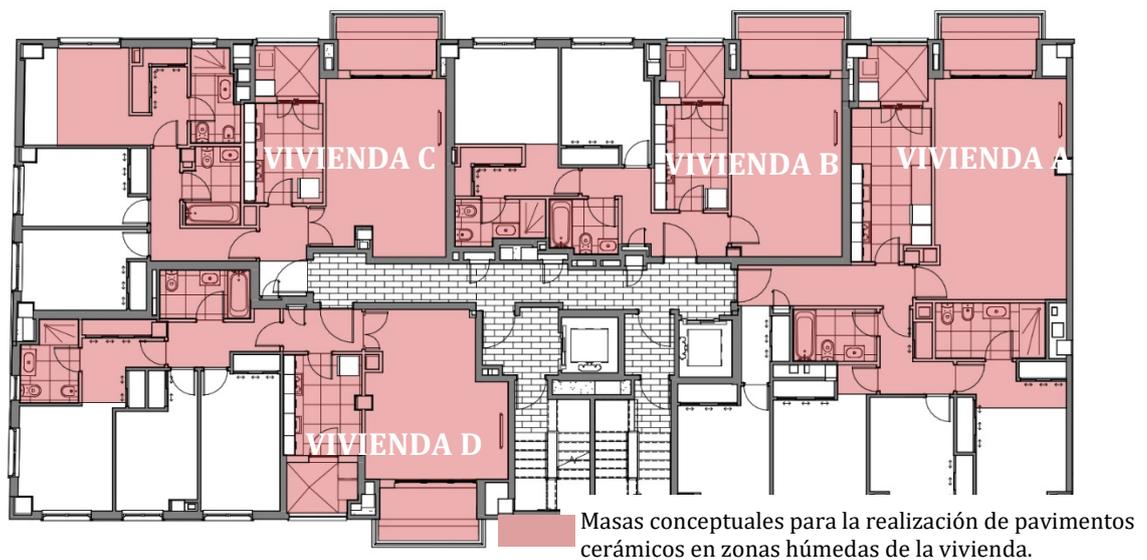


Figura 65: Masas conceptuales que representan el área que ocupa el equipo de trabajo para la realización de pavimentos cerámicos en las zonas húmedas de las viviendas en una planta tipo.

Posteriormente se asigna el parámetro Id Construcción a cada una de las masas conceptuales modeladas. Para ello se puede emplear el criterio de codificación planteado en el epígrafe 2.3.4 del presente trabajo. Luego se exporta todo el modelo en una vista 3D a formato .nwc.

Una vez abierto el modelo en la herramienta Autodesk Navisworks Manage se procede a configurar en TimeLiner la simulación del proceso constructivo. Se debe introducir la base de datos en formato .csv con el cronograma de las actividades que se pretende simular y se enlazan los elementos del

modelo a cada una de las tareas del cronograma. Se puede enlazar automáticamente mediante reglas (parámetro Id Construcción), o también se puede enlazar específicamente cada tarea a conjuntos de búsquedas elaborados previamente. Por último, se debe configurar las definiciones de aspecto del modelo y la animación mediante puntos de vista guardados.

Las siguientes figuras muestran unas capturas de pantalla de TimeLiner donde se ejemplifica como se han generado los conjuntos de búsqueda y luego como se emplean para enlazar los elementos del modelo a las tareas de la planificación.

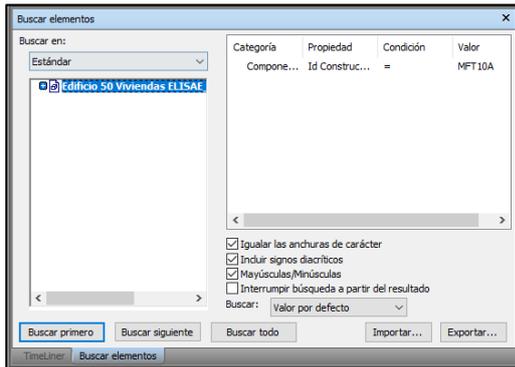


Figura 66: Elaboración de conjuntos de búsqueda.

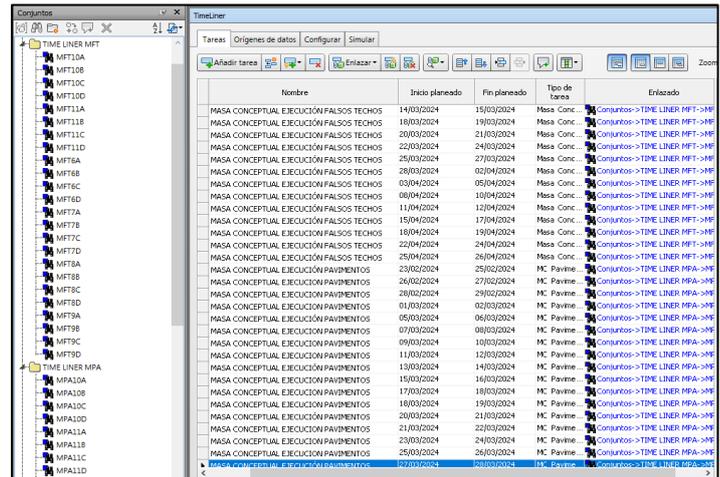


Figura 67: Enlace de los conjuntos de búsqueda con las tareas.

En las siguientes ilustraciones, se puede observar los resultados obtenidos de la simulación. Se muestran los avances por cada planta, en el cronograma importado se han descontado los fines de semana y calendario de días festivos.



Figura 68: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 6.



Figura 69: Simulación de detección de interferencias. Falso techo vs Pav. cerámicos. Planta 7.



Figura 70: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 8.

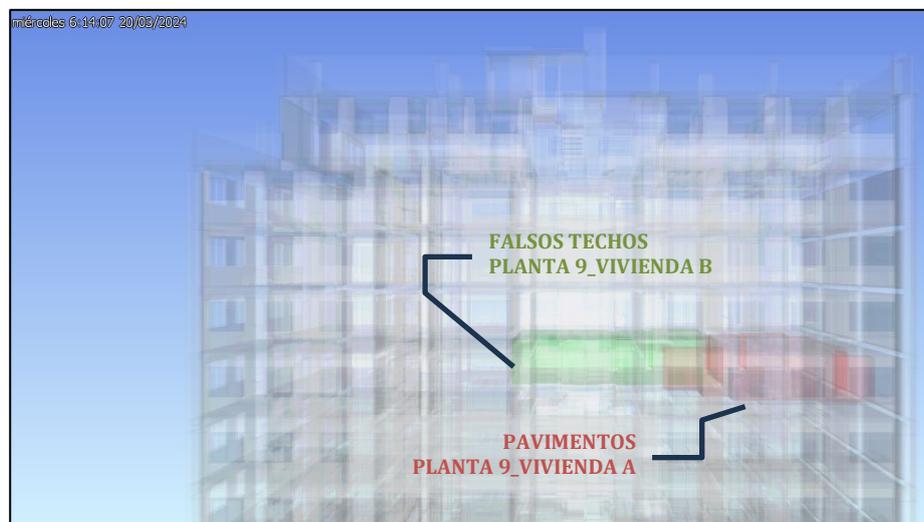


Figura 71: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 9.

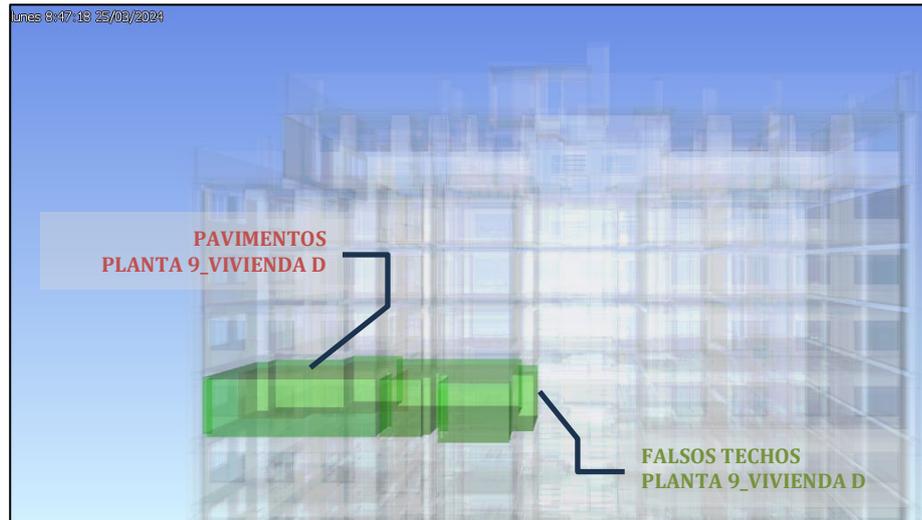


Figura 72: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 9. Colisión en la vivienda D.



Figura 73: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 10.



Figura 74: Simulación de detección de interferencias. Falsos techos vs Pav. cerámicos. Planta 11.

En el Anexo 6 del trabajo la autora ha insertado un hipervínculo que contiene la ruta para acceder y visualizar la simulación de detección de interferencias descrito anteriormente.

Se observa un mayor avance de la actividad pavimentos cerámicos con respecto al avance de ejecución de falsos techos, lo que se traduce en que la tasa de productividad de este último es más baja. Esto ocasiona que los equipos asignados a las tareas de pavimento “alcancen” al equipo de falsos techos y terminen antes sus trabajos.

El análisis realizado ha permitido obtener información detallada de las interferencias entre las actividades estudiadas. Se demuestra visualmente que en las viviendas C y D de la Planta 9 según los datos de rendimientos y tasas de producción previstos, se producen interferencias entre los equipos de trabajo asignados para ejecutar estas tareas constructivas.

Entre las medidas que podrían evitar esta interferencia puede ser, por ejemplo, reducir la tasa de producción de la ejecución de pavimentos mediante la disminución de la mano de obra implicada o, por el contrario, aumentar la tasa de producción de la ejecución de falsos techos mientras que las condiciones de la obra lo permitan. Otra medida consiste en coordinar los equipos y redistribuir el orden de ejecución de las viviendas, sabiendo el momento y el lugar en el que ocurriría la colisión.

Reducir el grado de incertidumbre y conocer con suficiente antelación los posibles conflictos que se pueden originar durante la construcción de la obra, constituye una herramienta útil que posibilita tomar medidas en etapas tempranas y contribuye a minimizar la probabilidad de que estos ocurran.

### **3.3.1. Detección de interferencias y colisiones con la herramienta Clash Detective**

En el epígrafe anterior se analizó que con la herramienta TimeLiner se puede obtener información y detectar interferencias entre equipos de trabajo de distintos oficios. Existen otras herramientas que se pueden emplear para aumentar el grado de precisión y anticipación durante la planificación y programación de las obras. Con la herramienta Clash Detective de Autodesk Navisworks Manage, es posible testear las probabilidades de interferencia entre grupos de elementos del modelo que se encuentren vinculados a determinadas tareas de TimeLiner.

A continuación, se propone un ejemplo que demuestra su aplicación con las mismas tareas de ejecución enfrentadas en el ejercicio del epígrafe anterior. Para ello será igualmente necesario tener las masas conceptuales del modelo 3D insertadas, los conjuntos de búsqueda de Navisworks Manage generados y la base de datos con la planificación de las tareas importadas a TimeLiner.

Se muestra una captura de pantalla donde se explica la configuración empleada para crear cada prueba en Clash Detective.

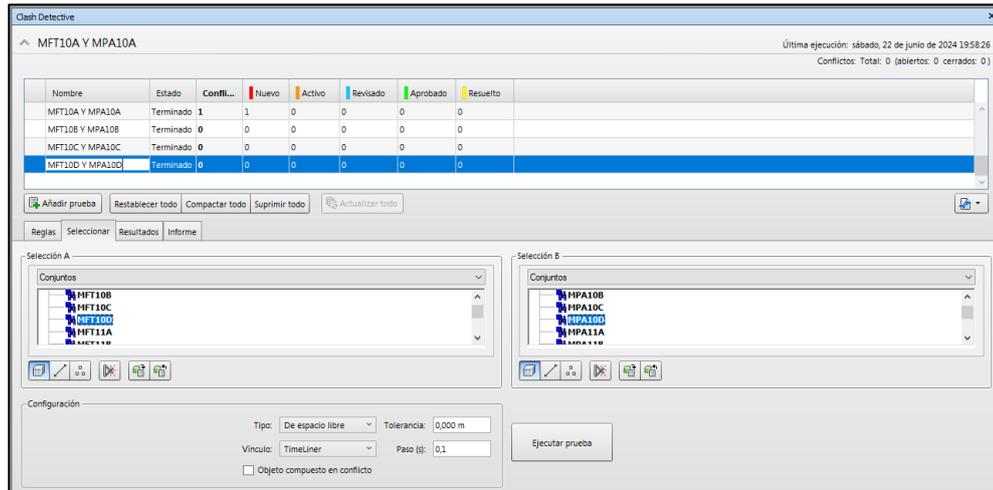


Figura 75: Configuración de la prueba y selección de elementos del modelo a testear en Clash Detective.

Se han añadido las pruebas con la intención de enfrentar las masas conceptuales que representan los equipos de trabajo de ambas tareas en cada vivienda de las plantas 8, 9 y 10 del proyecto para evaluar en cada intervalo de tiempo de TimeLiner si se producen conflictos.

Nombre	Estado	Confl...	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto
MFT8A Y MP8A	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT8B Y MP8B	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT8C Y MP8C	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT8D Y MP8D	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT9A Y MP9A	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT9B Y MP9B	Terminado	1	1	0	0	0	0
MFT9C Y MP9C	Terminado	1	1	0	0	0	0
MFT9D Y MP9D	Terminado	1	1	0	0	0	0
MFT10A Y MPA10A	Terminado	1	1	0	0	0	0
MFT10B Y MPA10B	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT10C Y MPA10C	Terminado	0	0	0	0	0	0
MFT10D Y MPA10D	Terminado	0	0	0	0	0	0

Figura 76: Captura de pantalla al listado de pruebas realizadas en Clash Detective.

Las pruebas realizadas arrojan los conflictos que se muestran en la figura 76. El resultado obtenido indica que se producirán colisiones en las viviendas 9B, 9C, 9D y 10A. Nótese que el número de colisiones ha aumentado con respecto a las detectadas mediante la simulación del proceso constructivo. Esto se debe a que con la herramienta TimeLiner el análisis de detección se produce de manera visual y por tanto el grado de presión disminuye si se compara con Clash Detective que hace las pruebas de conflicto entre la geometría 3D automáticamente.

Se ha demostrado entonces la utilidad de esta herramienta para detectar conflictos y disminuir el grado de incertidumbre durante la planificación y programación de la obra.

#### 4. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el presente Trabajo Final de Máster con un análisis teórico-práctico de la temática abordada, se presentan las siguientes conclusiones a las que ha llegado la autora.

1. Se comprueba que el uso de la técnica de líneas de balance combinado con herramientas BIM para planificar y programar obras que reúnan las condiciones adecuadas, posibilita la disminución del grado de incertidumbre y contribuye a la optimización de los tiempos de ejecución de las obras, mejorando así la eficiencia y la calidad del proceso constructivo.
2. En determinadas tipologías de proyectos que presentan procesos de fabricación continua de muchas unidades iguales, la aplicación de la técnica de Líneas de Balance en la planificación y programación de la obra es más adecuado frente a otras técnicas más conocidas y empleadas. Las tareas de proceso constructivo se representan mediante líneas inclinadas que muestran su tasa de producción, lo que permite analizar los resultados de una forma más intuitiva y facilita la toma de decisiones y visualización general de la planificación.
3. La técnica de Líneas de Balance aplicada en obras que reúnan las condiciones adecuadas presenta una gran ventaja frente a otras técnicas porque incorpora la variable espacio en el proceso de planificación y programación de las obras. Esto permite aumentar el grado de precisión y de anticipación a los posibles conflictos que se producen. El análisis gráfico de las líneas inclinadas que representan las tasas de productividad permite detectar los intervalos de tiempo y las unidades de obra donde no va a existir actividad productiva y, por tanto, tomar medidas al respecto. Además, permite identificar los posibles conflictos de interferencia entre las cuadrillas y llevar a cabo acciones para evitarlo.
4. El modelado 3D con el uso de tecnologías BIM permite reducir el tiempo de elaboración de la documentación del proyecto y alcanzar un mayor nivel de detalle y de información respecto a herramientas CAD. Permite, además, la detección de incongruencias en fases tempranas del proyecto y por tanto contribuye a la optimización de los tiempos de ejecución y la reducción de los costes de obra.
5. El ejercicio de planificación basado en la técnica de Líneas de Balance llevado a cabo en este trabajo demuestra que la tasa de productividad de las tareas va aumentando de manera proporcional al avance de la obra. No ha de cumplirse necesariamente que la totalidad de las actividades presenten tasas similares de productividad y rendimiento para obras con igual tipología a la del proyecto analizado. Sin embargo, han de presentar tasas similares de rendimiento respecto a actividades predecesoras y sucesoras.

6. Se comprueba que el procedimiento empleado para el cálculo de los rendimientos y duraciones de las tareas constructivas mediante el uso de la herramienta de Microsoft Excel ha arrojado resultados similares a los rendimientos reales durante la ejecución de la obra. No obstante, al comparar de manera independiente las actividades planificadas con el cronograma real, se observa que algunas actividades presentan tasas de producción variables. Se determina que los factores que condicionan estos puntos de inflexión en la productividad de las tareas son los siguientes:
- El efecto del aprendizaje en ciertas actividades constructivas relativamente complejas produce un aumento progresivo de la productividad.
  - El aumento de la altura para la realización de los trabajos afecta al suministro y descarga del material en las plantas superiores, además, las distancias que recorren los trabajadores para llegar al tajo luego de los horarios de descanso son mayores, por lo cual se produce una disminución de la productividad.
  - Problemas de contratación, gestión de los recursos y suministro de materiales provocan interrupciones en la continuidad de las actividades constructivas.
7. Al comparar la planificación con el cronograma real de ejecución se concluye que el uso de la técnica de Líneas de Balance no es una técnica acertada para actividades que presentan tasas altas de productividad respecto al resto de tareas, que al mismo tiempo no constituyen el camino crítico de otras actividades dependientes de estas y que no bloquean el avance de otras sucesoras. Se demuestra que la planificación de estas actividades es susceptible de modificación por gestión de la obra en función del margen de variaciones que éstas admiten sin alterar la planificación del resto de actividades.
8. El uso de herramientas de simulación para realizar la planificación 4D del proyecto posibilita analizar los procesos y tareas de la misma manera que se van a producir en la realidad, lo que ayuda a la comprensión de la secuencia constructiva y de los procedimientos de ejecución previstos, además, facilita el control y la gestión de la obra.
9. Se demuestra que con el empleo de las herramientas combinadas de programación basado en las líneas de balance y las tecnologías de Planificación BIM (4D) es posible realizar simulaciones de detección de interferencias y colisiones entre equipos de trabajo de distintos oficios. Esto permite identificar las posibles incidencias en etapas previas a la ejecución de las tareas y tomar medidas anticipadas para disminuir las probabilidades de ocurrencia, optimizando de esta manera los tiempos y los costes de ejecución de la obra.

## 5. RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos relacionados con la aplicación de la técnica de líneas de balance en proyectos que reúnen las condiciones adecuadas, se recomienda analizar la integración de este método de planificación y programación con el método de ruta crítica (CPM). Esto permite obtener la planificación de la totalidad del proyecto incluyendo las actividades repetitivas y las que se producen en las plantas singulares (planta baja, áticos, cubierta y plantas bajo rasante).

Resultaría interesante analizar de qué manera se puede integrar en la planificación y programación de obras el efecto de la curva del aprendizaje a la técnica de líneas de balance en actividades repetitivas y con cierto grado de complejidad para luego comprobar el grado de precisión en los resultados.

Se sugiere estudiar si las herramientas de visualización que se emplean para ambientar y aportar realismo a los modelos en 3D tales como los softwares Lumion o Twinmotion también se pueden utilizar para mejorar la calidad gráfica y visual de la simulación constructiva y la planificación 4D.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIMFORUM. (2023). LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I. [www.bimforum.org/lod](http://www.bimforum.org/lod)
- Bloomberg, M. R., David Burney, M. J., & David Resnick, C. (2012). NEW YORK CITY DEPARTMENT OF DESIGN + CONSTRUCTION BIM Guidelines.
- Cerdán Castillo, A., & Oliver Faubel, I. (2020). BIM para la Arquitectura Técnica. Guía Técnica BIMAT. CEGATE (Consejo General para la Arquitectura Técnica de España).
- CYPE. (2024). Generador de Precios de la Construcción. <https://www.generadordeprecios.info/>
- Digitalisation in the construction sector. Analytical Report. (2021). [https://ec.europa.eu/growth/document/download/3ae8a41e-4b82-4150-968c-1fc73d1e2f61\\_en](https://ec.europa.eu/growth/document/download/3ae8a41e-4b82-4150-968c-1fc73d1e2f61_en)
- Directiva 2014/24/UE Del Parlamento Europeo y Del Consejo de La Unión Europea Sobre Contratación Pública. (2014).
- EU BIM Task Group. (2019). Manual para la introducción de la Metodología BIM por parte del sector público europeo. <http://www.eubim.eu/handbook-selection/handbook-spanish>
- Fuentes Giner, B. (2020). BIM para la Arquitectura Técnica. Guía Técnica BIMAT. CEGATE (Consejo General para la Arquitectura Técnica de España).
- Guía de usuarios BIM. Documento 1- Parte General. (2014). <https://www.buildingsmart.es/recursos/gu%C3%ADas-ubim/>
- Instituto Valenciano de la Edificación (IVE). (2023). Base de Datos de la Construcción (BDC IVE). <https://bdc.f-ive.es/BDC23/1>
- Ley 9/2017, de Contratos Del Sector Público (2017). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-12902>
- Loría Arcila, J. H. (2019). Programación de obra con la técnica Línea de Balance. [https://www.academia.edu/18030267/PROGRAMACION\\_DE\\_OBRA\\_CON\\_LA\\_T%C3%89CNICA\\_LINEA\\_DE\\_BALANCE\\_](https://www.academia.edu/18030267/PROGRAMACION_DE_OBRA_CON_LA_T%C3%89CNICA_LINEA_DE_BALANCE_)
- Mattos, A. D., & Valderrama, F. (2014). Métodos de planificación y control de obras. Del diagrama de barras al BIM.
- Medina, G. J. (2018). Planificación de obra utilizando las Líneas de Balance (LOB). <https://www.linkedin.com/pulse/planificaci%C3%B3n-de-obras-utilizando-las->



l%25C3%25ADneas-balance-lob-

medina/?trackingId=XiplSC8xQVmUb7E7nYy9Vg%3D%3D

Mitma. (2023). PLAN BIM en la contratación pública. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (Mitma). [https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v\\_26\\_bis\\_web\\_plan\\_bim\\_contratacion\\_publica.pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/cbim/v_26_bis_web_plan_bim_contratacion_publica.pdf)

Observatorio CIBIM. (2023). Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española. Observatorio CIBIM, Informe nº23(Tercer Trimestre). <https://cibim.mitma.es/observatorio/informes-trimestrales-del-observatorio>

Qué es BIM | Comisión Interministerial BIM. (n.d.). Retrieved February 18, 2024, from <https://cibim.mitma.es/que-es-bim>

## 6.1. Referencias de información consultada

- Brioso, X., Murguía, D., & Urbina, A. (2017, September). Comparing three scheduling methods using BIM models in the Last Planner System. *Organization, Technology and Management in Construction*, 1604–1614.
- Castillo, C., & Grau, M. (n.d.). LOS USOS DEL MODELO BIM. Retrieved February 18, 2024, from <http://www.acercas.com>
- El-Nawawy, M., Etman, E., & Sanad, H. (2020). Modeling of CPM/LOB integrated Scheduling Technique for Repetitive Construction Projects: Case of Multiple-Crews with Fuzzy Time Data. *Journal of Engineering Research*, 4, 7–19. <https://doi.org/10.21608/erjeng.2020.131424>
- Florindo Rabadán, D. (2022). Implementación de herramientas de modelado paramétrico en el ámbito del diseño y ejecución de los edificios. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/181588>
- Gómez Cabrera, A., Quintana Pulido, N., & Ávila Díaz, J. O. (2015). Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio. *Ingeniería y Ciencia*, 11(21), 157–175. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.11.21.8>
- Hoyos, J.M. (2018, December 5). Las Líneas de Balance (LOB) y sus ventajas en la programación. <https://acaddemia.com/articulos/las-lineas-de-balance-lob-y-sus-ventajas-en-la-programacion-de-obras/>
- Moreira, M. A. (2021). Planificación temporal y gestión de costes de un edificio de viviendas en Córdoba (Argentina) mediante la aplicación de la metodología Building Information Modeling (BIM). Comparativa con la metodología tradicional. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/166290>
- Seppänen, O., & Aalto, E. (2005). A CASE STUDY OF LINE-OF-BALANCE BASED SCHEDULE PLANNING AND CONTROL SYSTEM.
- Shabeer Ali, I., Rakesh, P., & Anand, K. B. (2019). Acceleration of repetitive units in construction projects using line-of-balance and linear scheduling with singularity function. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 577(1), 012115. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/577/1/012115>
- Skaik, S., & Ahmad, M. (2015). The application of Line of Balance in The UAE: A Case Study of a Housing Project.
- Soini, M., Leskelä, I., & Seppänen, O. (2004). IMPLEMENTATION OF LINE-OF-BALANCE BASED SCHEDULING AND PROJECT CONTROL SYSTEM IN A LARGE CONSTRUCTION COMPANY.



Tang, Y., Sun, Q., Liu, R., & Wang, F. (2018). Resource Leveling Based on Line of Balance and Constraint Programming. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 33. <https://doi.org/10.1111/mice.12383>

Tomar, A., & Bansal, V. (2019). Scheduling of repetitive construction projects using geographic information systems: an integration of critical path method and line of balance. *Asian Journal of Civil Engineering*, 20. <https://doi.org/10.1007/s42107-019-00123-3>

Zahrán, K., Nour, M., & Hosny, O. (2016). The Effect of Learning on Line of Balance Scheduling: Obstacles and Potentials. 6, 3831–3841. <https://doi.org/10.4010/2016.889>



## **7. ANEXOS**

Anexo 1. Definición de los requisitos mínimos de niveles BIM. Fuente: Plan BIM en la contratación pública (Mitma, 2023).



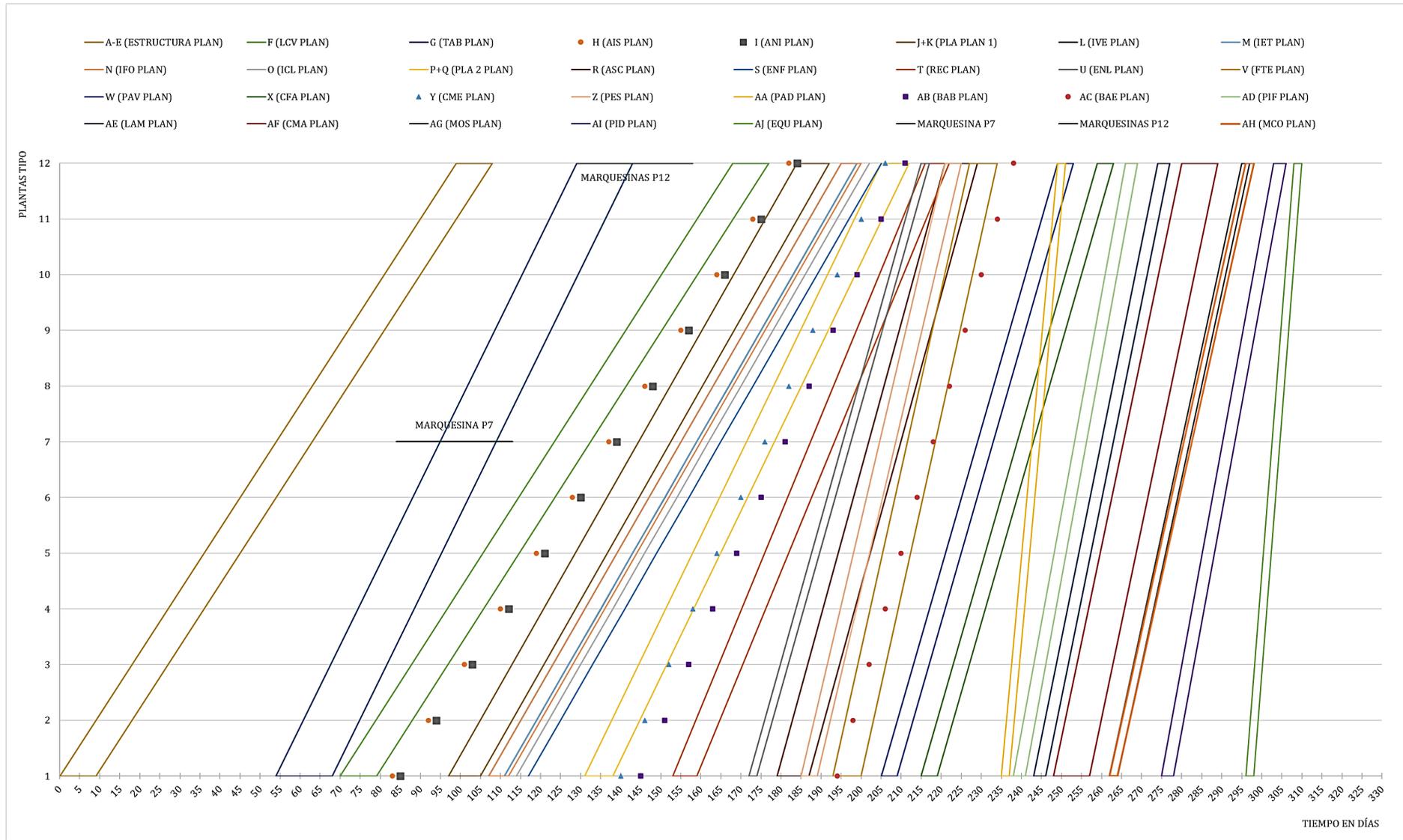
**D E F I N I C I Ó N D E N I V E L E S B I M**  
REQUISITOS MÍNIMOS

		DE ESTRATEGIA	DE PROCESOS		DE TECNOLOGÍA		DE PERSONAS		
		Estrategia	Procedimientos de trabajo requeridos en el contrato	Coordinación entre partes	Información del contrato	Entorno Común de datos (CDE)	Formatos de archivos	Capacitación órgano de contratación	Capacitación licitante
<b>N I V E L E S B I M</b>	<b>1</b> PREVIO/ NO BIM	Sin estrategia para el uso de BIM en contratos.	No se requieren procedimientos para la gestión de la información del contrato.	Reuniones presenciales, virtuales y correos electrónicos.	Información gráfica, como planos CAD, no vinculada automáticamente a datos contenidos en otros archivos. No se utilizan modelos BIM.	Sin repositorios comunes para la gestión de la información del contrato.	Sin estándares.	No se requiere personal con conocimientos de BIM.	No se requiere personal con experiencia en contratos con requisitos BIM.
	<b>2</b> INICIAL	Proyectos piloto o licitaciones aisladas con BIM.	Basados en sistemas de gestión de calidad (UNE-EN ISO 9000 o equivalente).	No se requiere que sea a través del CDE.	Planos CAD y modelos BIM para usos de obtención de planos y coordinación 3D.	Repositorio común con control de acceso. + Reglas para nomenclatura estandarizada de archivos y carpetas.	Formatos basados en estándares abiertos. Para modelos BIM, IFC según UNE-EN ISO 16739 o equivalente. Adicionalmente, se podrá requerir formato propietario.	Al menos una persona tiene formación BIM y actúa como responsable BIM del contrato.	Se requiere medios humanos con experiencia en contratos con requisitos BIM.
	<b>3</b> MEDIO	Plan de uso BIM para fases de diseño y obra.	Basados en sistemas de gestión de calidad (UNE-EN ISO 9000 o equivalente). + Guías o manuales específicos BIM de CIBIM y organismos reconocidos.	Se realiza a través del CDE.	Modelos BIM para usos de obtención de planos, coordinación 3D y mediciones. Se puede producir alguna información o plano CAD no obtenida del modelo.	Repositorio común con control de acceso. + Reglas para nomenclatura estandarizada de archivos y carpetas. + Flujos de trabajo y estados de la información definidos, en línea con UNE-EN-ISO 19650.	Formatos basados en estándares abiertos. Para modelos BIM, IFC según UNE-EN ISO 16739 o equivalente. Adicionalmente, se podrá requerir formato propietario.	Todo el equipo de trabajo que participa en el contrato está formado en BIM. Se define un responsable BIM del contrato.	Se requiere medios humanos con experiencia en contratos con requisitos BIM
	<b>4</b> AVANZADO	Plan de uso BIM para todo el ciclo de vida y multidepartamental.	Basados en sistemas de organización y digitalización de la información (UNE-EN ISO 19650 o equivalente). + Guías o manuales específicos BIM de CIBIM y organismos reconocidos.	Se realiza a través del CDE, con simulaciones y validaciones.	Modelos BIM para usos de obtención de planos, coordinación 3D, mediciones, mantenimiento o conservación y explotación y gestión de activos. Se gestionan y emplean librerías de objetos BIM. Residualmente cabe información o plano CAD no obtenida del modelo.	Solución tecnológica diseñada específicamente como CDE según UNE-EN ISO 19650 con distintas funcionalidades. + Reglas para nomenclatura estandarizada de archivos y carpetas.	Formatos basados en estándares abiertos. Para modelos BIM, IFC según UNE-EN ISO 16739 o equivalente. Para comunicaciones relacionadas con el modelo IFC, formato BCF o equivalente. Adicionalmente, se podrá requerir formato propietario.	Todo el equipo de trabajo que participa en el contrato está formado en BIM conforme a UNE-EN ISO 19650 + Experiencia previa en contratos gestionados con BIM. Se define un responsable BIM del contrato.	Se requiere medios humanos con experiencia en gestión de proyectos u obras y modelado BIM.
	<b>5</b> INTEGRADO	Procedimiento sistemático de integración de procesos innovadores para la gestión de contratos.	Procedimientos certificados bajo UNE-EN ISO 19650 o equivalente. + Guías o manuales específicos BIM de CIBIM y organismos reconocidos + Manual de entrega de la información basado en UNE-EN ISO 29481 o equivalente.	Se requiere que sea únicamente a través del CDE, con simulaciones y validaciones.	Modelos BIM para cualquier uso. Se gestionan y emplean librerías de objetos BIM. Residualmente cabe información o plano CAD no obtenida del modelo.	Solución tecnológica diseñada específicamente como CDE según UNE-EN ISO 19650 con distintas funcionalidades. + Reglas para nomenclatura estandarizada de archivos y carpetas. + Acceso de datos a través de servicios web	Siempre formatos basados en estándares abiertos. Para modelos BIM, IFC según UNE-EN ISO 16739 o equivalente. Para comunicaciones relacionadas con el modelo IFC, formato BCF o equivalente.	+ Todo el equipo de trabajo que participa en el contrato está formado en BIM conforme a UNE-EN ISO 19650. + Experiencia previa en contratos gestionados con BIM. Se define responsable BIM del contrato con 3 años de experiencia gestionando contratos con BIM.	Se requiere medios humanos con experiencia en gestión de proyectos u obras y modelado BIM con al menos 3 años y se valorará la implantación de UNE-EN ISO 19650 y su uso en contratos.

Anexo 2. Hoja de cálculo N.º 2 con las operaciones aritméticas para la elaboración de planificación de obra basada en la técnica de Líneas de Balance.

		UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	RENDIMIENTO	HORAS-HOMBRE	TAMAÑO DE CUADRILLA	REQUERIMIENTO TEÓRICO DE RECURSOS (SEMANAS)	ASIGNACION REAL DE RECURSOS (HOMBRES)	RENDIMIENTO REAL (SEMANAS)	DURACIÓN DE LA ACTIVIDAD (DÍAS)	TIEMPO (DÍAS)	BUFFER (DÍAS)	PENDIENTE DE LA RECTA	
ID	ACTIVIDAD			UDS/H	H	C	$G = \frac{R \times H}{h \times d}$	g	$r = \frac{g \times R}{G}$	$D = \frac{H}{h \times c}$	$T = \frac{(n-1) \times d}{r}$	b	m	ID
A	FORIADO RETICULAR. ENCOFRADO	M2	467,45	0,138	64,51	5	2,69	5	3,10	1,61 2,00	17,74 18,00	0	0,62	A
B	FORIADO RETICULAR. FERRALLADO	M2	467,45	0,163	76,19	4	3,17	4	2,10	2,38 3,00	26,19 26,00	0	0,42	B
C	FORIADO RETICULAR. VERTIDO	M2	467,45	0,019	8,88	2	0,37	2	9,01	0,56 1,00	6,11 6,00	1	1,80	C
D	PILARES Y MUROS DE HORMIGÓN ARMADO	M	77,14	0,079	6,09	2	0,25	2	13,13	0,38 1,00	4,19 4,00	0	2,63	D
E	LOSA INCLINADA DE ESCALERAS	M2	14,62	0,120	1,75	2	0,07	2	45,60	0,11 1,00	1,21 1,00	0	9,12	E
A-E	ESTRUCTURA	M2	467,45	1,386	648,00	9	27,00	9	0,56	9,00 9,00	99,00 99,00	0	0,11	A-E
F	FACHADA LADRILLO UNA CARA VISTA	M2	189,17	1,512	286,03	4	11,92	4	0,56	8,94 9,00	98,32 98,00	90	0,11	F
G	ALBAÑILERÍA INTERIOR	M2	359,88	0,302	108,68	1	4,53	2	0,74	13,59 14,00	74,72 75,00	5	0,15	G
H	AISLAMIENTO TÉRMICO DE FACHADA	M2	134,99	0,050	6,75	2	0,28	2	11,85	0,42 1,00	4,64 5,00	5	2,37	H
I	MORTERO AUTONIVELANTE	M2	426,26	0,030	12,79	4	0,53	4	12,51	0,40 1,00	4,40 4,00	5	2,50	I
J	TRASDOSADO DE PLACAS DE YESO LAMINADO (ESTRUC	M2	449,81	0,168	75,57	2	3,15	2	1,06	4,72 5,00	51,95 52,00	5	0,21	J
K	PARTICIONES INTERIORES DE YESO LAMINADO (ESTRU	M2	423,41	0,150	63,51	2	2,65	2	1,26	3,97 4,00	43,66 44,00	5	0,25	K
J+K	TRASDOSADO + PARTICIONES DE YESO (ESTRUCTURA +	M2	873,22	0,145	126,24	2	5,26	2	0,63	7,89 8,00	86,79 87,00	6	0,13	J+K
L	INST VENTILACIÓN DE VIVIENDAS	UD VV	4	12,000	48,00	2	2,00	2	1,67	3,00 3,00	33,00 33,00	5	0,33	L
M	INST ELÉCTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES	UD VV	4	8,000	32,00	1	1,33	0,5	0,63	4,00 4,00	88,00 88,00	5	0,13	M
N	INST FONTANERÍA	UD VV	4	32,000	128,00	4	5,33	2	0,62	4,00 5,00	88,00 88,00	5	0,12	N
O	INST CLIMATIZACIÓN	UD VV	4	4,000	16,00	1	0,67	1	2,50	2,00 2,00	22,00 22,00	5	0,50	O
P	TRASDOSADO DE PLACAS DE YESO LAMINADO (SEGUN	M2	449,81	0,112	50,38	2	2,10	2	1,59	3,15 4,00	34,64 35,00	5	0,32	P
Q	PARTICIONES INTERIORES DE YESO LAMINADO (SEGUN	M2	423,41	0,100	42,34	2	1,76	1	0,94	2,65 3,00	58,22 58,00	5	0,19	Q
P+Q	TRASDOSADO + PARTICIONES DE YESO (SEGUNDA PLA	M2	873,22	0,123	107,20	2	4,47	2	0,75	6,70 7,00	73,70 74,00	6	0,15	P+Q
R	INSTALACIÓN DE ASCENSORES	UD	2	153,600	307,20	2	12,80	4	0,52	19,20 20,00	105,60 106,00	5	0,10	R
S	ENFOSCADO DE MORTERO HIDRÓFUGO	M2	96,49	0,400	38,60	1	1,61	2	2,07	4,82 5,00	26,53 27,00	5	0,41	S
T	REVESTIMIENTO CERÁMICO	M2	230,02	0,400	92,01	2	3,83	2	0,87	5,75 6,00	63,26 63,00	5	0,17	T
U	ENLUCIDO DE YESO MALSTREADO VERTICAL	M2	179,17	0,175	31,35	2	1,31	1	1,28	1,96 2,00	43,11 43,00	5	0,26	U
V	FALSOS TECHOS CONTINUOS DE YESO LAMINADO	M2	391,05	0,250	97,76	2	4,07	4	1,64	6,11 7,00	33,61 34,00	5	0,33	V
W	PAVIMENTO CERÁMICO ZONAS HÚMEDAS	M2	91,30	0,350	31,96	1	1,33	2	2,50	3,99 4,00	21,97 22,00	5	0,50	W
X	CARPINTERÍA EXTERIOR DE PVC	UD	25,00	1,280	32,00	2	1,33	2	2,50	2,00 2,00	22,00 22,00	5	0,50	X
Y	CERRAJERÍA. CELOSÍAS DE GALERÍAS	UD	4,00	1,000	4,00	2	0,17	1	10,00	0,25 1,00	5,50 6,00	5	2,00	Y
Z	PELDAÑEADO DE ESCALERAS	M	43,32	0,600	25,99	1	1,08	1	1,54	3,25 4,00	35,74 36,00	5	0,31	Z
AA	PAVIMENTO CERÁMICO DISTRIBUIDORES	M2	29,27	0,350	10,24	1	0,43	1	3,90	1,28 2,00	14,09 14,00	5	0,78	AA
AB	CERRAJERÍA. BARANDILLAS DE BALCONES	M	29,77	0,850	25,30	2	1,05	3	4,74	1,58 2,00	11,60 12,00	5	0,95	AB
AC	CERRAJERÍA. BARANDILLAS DE ESCALERAS	M	8,10	1,690	13,69	2	0,57	1	2,92	0,86 1,00	18,82 19,00	5	0,58	AC
AD	PINTURA PLÁSTICA ACRÍLICA LISA (FONDEO)	M2	1263,62	0,049	61,92	3	2,58	3	1,94	2,58 3,00	28,38 28,00	5	0,39	AD
AE	PAVIMENTO LAMINADO	M2	247,79	0,090	22,30	1	0,93	1	1,79	2,79 3,00	30,66 31,00	5	0,36	AE
AF	CARPINTERÍA INTERIOR DE MADERA	UD	58,00	1,200	69,60	1	2,90	3	1,72	8,70 9,00	31,90 32,00	5	0,34	AF
AG	INST MOBILIARIO SANITARIO Y GRIFERÍA	UD	32,00	0,750	24,00	2	1,00	1	1,67	1,50 2,00	33,00 33,00	5	0,33	AG
AH	MUEBLES DE COCINAS CON ARMARIOS ALTOS	M	14,55	1,700	24,74	2	1,03	1	1,62	1,55 2,00	34,01 34,00	5	0,32	AH
AI	PINTURA PLÁSTICA ACRÍLICA LISA (DOBLADO)	M2	1263,62	0,049	61,92	3	2,58	3	1,94	2,58 3,00	28,38 28,00	6	0,39	AI
AJ	EQUIPAMIENTO DE COCINA	UD	24	0,750	18,00	2	0,75	2	4,44	1,13 2,00	12,38 12,00	7	0,89	AJ

### Anexo 3. Gráfica de Líneas de Balance



#### Anexo 4. Cronograma de actividades (Planta 1 a Planta 12) de la obra 50 viviendas “Célere Elisae”

No	ID	ID REVIT	PLANTA	ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN
1	A-E	FOR1	P1	Estructura. Forjado	01/03/2023	08/03/2023
2	A-E	FOR2	P2	Estructura. Forjado	14/03/2023	21/03/2023
3	A-E	FOR3	P3	Estructura. Forjado	27/03/2023	03/04/2023
4	A-E	FOR4	P4	Estructura. Forjado	11/04/2023	18/04/2023
5	A-E	FOR5	P5	Estructura. Forjado	24/04/2023	02/05/2023
6	A-E	FOR6	P6	Estructura. Forjado	08/05/2023	15/05/2023
7	A-E	FOR7	P7	Estructura. Forjado	19/05/2023	26/05/2023
8	A-E	FOR8	P8	Estructura. Forjado	01/06/2023	08/06/2023
9	A-E	FOR9	P9	Estructura. Forjado	14/06/2023	21/06/2023
10	A-E	FOR10	P10	Estructura. Forjado	27/06/2023	04/07/2023
11	A-E	FOR11	P11	Estructura. Forjado	10/07/2023	17/07/2023
12	A-E	FOR12	P12	Estructura. Forjado	21/07/2023	28/07/2023
13	A-E	PIL1	P1	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	09/03/2023	13/03/2023
14	A-E	PIL2	P2	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	22/03/2023	24/03/2023
15	A-E	PIL3	P3	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	04/04/2023	06/04/2023
16	A-E	PIL4	P4	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	19/04/2023	21/04/2023
17	A-E	PIL5	P5	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	03/05/2023	05/05/2023
18	A-E	PIL6	P6	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	16/05/2023	18/05/2023
19	A-E	PIL7	P7	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	29/05/2023	31/05/2023
20	A-E	PIL8	P8	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	09/06/2023	13/06/2023
21	A-E	PIL9	P9	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	22/06/2023	26/06/2023
22	A-E	PIL10	P10	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	05/07/2023	07/07/2023
23	A-E	PIL11	P11	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	18/07/2023	20/07/2023
24	A-E	PIL12	P12	Estructura. Pilares Y Muros de Hormigón Armado	31/07/2023	02/08/2023
25	A-E	ESC1	P1	Estructura. Escalera	24/03/2023	27/03/2023
26	A-E	ESC2	P2	Estructura. Escalera	06/04/2023	11/04/2023
27	A-E	ESC3	P3	Estructura. Escalera	21/04/2023	24/04/2023
28	A-E	ESC4	P4	Estructura. Escalera	05/05/2023	08/05/2023
29	A-E	ESC5	P5	Estructura. Escalera	18/05/2023	19/05/2023
30	A-E	ESC6	P6	Estructura. Escalera	31/05/2023	01/06/2023
31	A-E	ESC7	P7	Estructura. Escalera	13/06/2023	14/06/2023
32	A-E	ESC8	P8	Estructura. Escalera	26/06/2023	27/06/2023
33	A-E	ESC9	P9	Estructura. Escalera	07/07/2023	10/07/2023
34	A-E	ESC10	P10	Estructura. Escalera	20/07/2023	21/07/2023
35	A-E	ESC11	P11	Estructura. Escalera	02/08/2023	03/08/2023
36	A-E	ESC12	P12	Estructura. Escalera	16/08/2023	17/08/2023
37	F	LCV1	P1	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	12/06/2023	22/06/2023
38	F	LCV2	P2	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	23/06/2023	05/07/2023
39	F	LCV3	P3	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	06/07/2023	18/07/2023
40	F	LCV4	P4	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	19/07/2023	31/07/2023
41	F	LCV5	P5	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	01/08/2023	11/08/2023
42	F	LCV6	P6	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	14/08/2023	25/08/2023



43	F	LCV7	P7	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	28/08/2023	07/09/2023
44	F	LCV8	P8	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	08/09/2023	20/09/2023
45	F	LCV9	P9	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	21/09/2023	03/10/2023
46	F	LCV10	P10	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	04/10/2023	18/10/2023
47	F	LCV11	P11	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	19/10/2023	31/10/2023
48	F	LCV12	P12	Fachada Ladrillo Una Cara Vista	02/11/2023	14/11/2023
49	G	TAB1	P1	Albañilería Interior	19/05/2023	07/06/2023
50	G	TAB2	P2	Albañilería Interior	30/05/2023	16/06/2023
51	G	TAB3	P3	Albañilería Interior	08/06/2023	27/06/2023
52	G	TAB4	P4	Albañilería Interior	19/06/2023	06/07/2023
53	G	TAB5	P5	Albañilería Interior	28/06/2023	17/07/2023
54	G	TAB6	P6	Albañilería Interior	07/07/2023	26/07/2023
55	G	TAB7	P7	Albañilería Interior	18/07/2023	04/08/2023
56	G	TAB8	P8	Albañilería Interior	27/07/2023	16/08/2023
57	G	TAB9	P9	Albañilería Interior	07/08/2023	25/08/2023
58	G	TAB10	P10	Albañilería Interior	16/08/2023	04/09/2023
59	G	TAB11	P11	Albañilería Interior	24/08/2023	12/09/2023
60	G	TAB12	P12	Albañilería Interior	04/09/2023	22/09/2023
61	J+K	PLA1	P1	Trasdosado + Particiones De Yeso (Est. + Una Placa)	19/07/2023	28/07/2023
62	J+K	PLA2	P2	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	31/07/2023	09/08/2023
63	J+K	PLA3	P3	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	10/08/2023	22/08/2023
64	J+K	PLA4	P4	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	23/08/2023	01/09/2023
65	J+K	PLA5	P5	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	04/09/2023	13/09/2023
66	J+K	PLA6	P6	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	14/09/2023	25/09/2023
67	J+K	PLA7	P7	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	26/09/2023	05/10/2023
68	J+K	PLA8	P8	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	06/10/2023	19/10/2023
69	J+K	PLA9	P9	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	20/10/2023	31/10/2023
70	J+K	PLA10	P10	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	02/11/2023	13/11/2023
71	J+K	PLA11	P11	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	14/11/2023	23/11/2023
72	J+K	PLA12	P12	Trasdosado + Particiones de Yeso (Est. + Una Placa)	24/11/2023	05/12/2023
73	M	IET1	P1	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	02/08/2023	08/08/2023
74	M	IET2	P2	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	14/08/2023	21/08/2023
75	M	IET3	P3	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	25/08/2023	31/08/2023
76	M	IET4	P4	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	06/09/2023	12/09/2023
77	M	IET5	P5	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	18/09/2023	22/09/2023
78	M	IET6	P6	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	28/09/2023	04/10/2023
79	M	IET7	P7	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	11/10/2023	18/10/2023
80	M	IET8	P8	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	24/10/2023	30/10/2023
81	M	IET9	P9	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	06/11/2023	10/11/2023
82	M	IET10	P10	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	16/11/2023	22/11/2023
83	M	IET11	P11	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	28/11/2023	04/12/2023
84	M	IET12	P12	Inst. Electricidad y Telecomunicaciones	12/12/2023	18/12/2023
85	N	IFO1	P1	Inst. Fontanería	02/08/2023	09/08/2023
86	N	IFO2	P2	Inst. Fontanería	14/08/2023	22/08/2023
87	N	IFO3	P3	Inst. Fontanería	25/08/2023	01/09/2023
88	N	IFO4	P4	Inst. Fontanería	06/09/2023	13/09/2023



89	N	IFO5	P5	Inst. Fontanería	18/09/2023	25/09/2023
90	N	IFO6	P6	Inst. Fontanería	28/09/2023	05/10/2023
91	N	IFO7	P7	Inst. Fontanería	11/10/2023	19/10/2023
92	N	IFO8	P8	Inst. Fontanería	24/10/2023	31/10/2023
93	N	IFO9	P9	Inst. Fontanería	06/11/2023	13/11/2023
94	N	IFO10	P10	Inst. Fontanería	16/11/2023	23/11/2023
95	N	IFO11	P11	Inst. Fontanería	28/11/2023	05/12/2023
96	N	IFO12	P12	Inst. Fontanería	12/12/2023	19/12/2023
97	P+Q		P1	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	06/09/2023	14/09/2023
98	P+Q		P2	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	15/09/2023	25/09/2023
99	P+Q		P3	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	26/09/2023	04/10/2023
100	P+Q		P4	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	05/10/2023	17/10/2023
101	P+Q		P5	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	18/10/2023	26/10/2023
102	P+Q		P6	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	27/10/2023	07/11/2023
103	P+Q		P7	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	08/11/2023	16/11/2023
104	P+Q		P8	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	17/11/2023	27/11/2023
105	P+Q		P9	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	28/11/2023	07/12/2023
106	P+Q		P10	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	07/12/2023	18/12/2023
107	P+Q		P11	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	18/12/2023	27/12/2023
108	P+Q		P12	Trasdosado + Particiones de Yeso (Segunda Placa)	27/12/2023	08/01/2024
109	R	ASC1	P1	Instalación de Ascensor 1	16/11/2023	05/02/2024
110	R	ASC2	P2	Instalación de Ascensor 2	06/02/2024	23/04/2024
111	S	ENF1	P1	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	22/08/2023	28/08/2023
112	S	ENF2	P2	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	01/09/2023	07/09/2023
113	S	ENF3	P3	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	13/09/2023	19/09/2023
114	S	ENF4	P4	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	25/09/2023	29/09/2023
115	S	ENF5	P5	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	05/10/2023	13/10/2023
116	S	ENF6	P6	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	19/10/2023	25/10/2023
117	S	ENF7	P7	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	31/10/2023	07/11/2023
118	S	ENF8	P8	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	13/11/2023	17/11/2023
119	S	ENF9	P9	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	23/11/2023	29/11/2023
120	S	ENF10	P10	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	05/12/2023	13/12/2023
121	S	ENF11	P11	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	19/12/2023	26/12/2023
122	S	ENF12	P12	Enfoscado de Mortero Hidrófugo	02/01/2024	08/01/2024
123	T	REC1	P1	Revestimiento Cerámico	06/10/2023	17/10/2023
124	T	REC2	P2	Revestimiento Cerámico	18/10/2023	25/10/2023
125	T	REC3	P3	Revestimiento Cerámico	26/10/2023	03/11/2023
126	T	REC4	P4	Revestimiento Cerámico	06/11/2023	13/11/2023
127	T	REC5	P5	Revestimiento Cerámico	14/11/2023	21/11/2023
128	T	REC6	P6	Revestimiento Cerámico	22/11/2023	29/11/2023
129	T	REC7	P7	Revestimiento Cerámico	30/11/2023	11/12/2023
130	T	REC8	P8	Revestimiento Cerámico	12/12/2023	19/12/2023
131	T	REC9	P9	Revestimiento Cerámico	19/12/2023	27/12/2023
132	T	REC10	P10	Revestimiento Cerámico	27/12/2023	04/01/2024
133	T	REC11	P11	Revestimiento Cerámico	04/01/2024	11/01/2024
134	T	REC12	P12	Revestimiento Cerámico	12/01/2024	22/01/2024



135	U	ENL1	P1	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	07/11/2023	08/11/2023
136	U	ENL2	P2	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	13/11/2023	14/11/2023
137	U	ENL3	P3	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	17/11/2023	20/11/2023
138	U	ENL4	P4	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	23/11/2023	24/11/2023
139	U	ENL5	P5	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	29/11/2023	30/11/2023
140	U	ENL6	P6	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	05/12/2023	07/12/2023
141	U	ENL7	P7	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	13/12/2023	14/12/2023
142	U	ENL8	P8	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	19/12/2023	20/12/2023
143	U	ENL9	P9	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	26/12/2023	27/12/2023
144	U	ENL10	P10	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	02/01/2024	03/01/2024
145	U	ENL11	P11	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	08/01/2024	09/01/2024
146	U	ENL12	P12	Enlucido de Yeso Maestreado Vertical	12/01/2024	15/01/2024
147	V	FTE1	P1	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	07/12/2023	18/12/2023
148	V	FTE2	P2	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	13/12/2023	21/12/2023
149	V	FTE3	P3	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	18/12/2023	27/12/2023
150	V	FTE4	P4	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	21/12/2023	02/01/2024
151	V	FTE5	P5	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	27/12/2023	05/01/2024
152	V	FTE6	P6	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	02/01/2024	10/01/2024
153	V	FTE7	P7	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	05/01/2024	15/01/2024
154	V	FTE8	P8	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	10/01/2024	18/01/2024
155	V	FTE9	P9	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	15/01/2024	23/01/2024
156	V	FTE10	P10	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	18/01/2024	26/01/2024
157	V	FTE11	P11	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	23/01/2024	31/01/2024
158	V	FTE12	P12	Falsos Techos Continuos de Yeso Laminado	29/01/2024	06/02/2024
159	W	PAV1	P1	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	27/12/2023	02/01/2024
160	W	PAV2	P2	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	29/12/2023	04/01/2024
161	W	PAV3	P3	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	03/01/2024	08/01/2024
162	W	PAV4	P4	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	05/01/2024	10/01/2024
163	W	PAV5	P5	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	09/01/2024	12/01/2024
164	W	PAV6	P6	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	11/01/2024	16/01/2024
165	W	PAV7	P7	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	15/01/2024	18/01/2024
166	W	PAV8	P8	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	17/01/2024	22/01/2024
167	W	PAV9	P9	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	19/01/2024	24/01/2024
168	W	PAV10	P10	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	23/01/2024	26/01/2024
169	W	PAV11	P11	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	25/01/2024	30/01/2024
170	W	PAV12	P12	Pavimento Cerámico Zonas Húmedas	29/01/2024	02/02/2024
171	X	CFA1	P1	Carpintería Exterior de PVC	11/01/2024	16/01/2024
172	X	CFA2	P2	Carpintería Exterior de PVC	15/01/2024	18/01/2024
173	X	CFA3	P3	Carpintería Exterior de PVC	17/01/2024	22/01/2024
174	X	CFA4	P4	Carpintería Exterior de PVC	19/01/2024	24/01/2024
175	X	CFA5	P5	Carpintería Exterior de PVC	23/01/2024	26/01/2024
176	X	CFA6	P6	Carpintería Exterior de PVC	25/01/2024	30/01/2024
177	X	CFA7	P7	Carpintería Exterior de PVC	29/01/2024	01/02/2024
178	X	CFA8	P8	Carpintería Exterior de PVC	31/01/2024	05/02/2024
179	X	CFA9	P9	Carpintería Exterior de PVC	02/02/2024	07/02/2024
180	X	CFA10	P10	Carpintería Exterior de PVC	06/02/2024	09/02/2024



181	X	CFA11	P11	Carpintería Exterior de PVC	08/02/2024	13/02/2024
182	X	CFA12	P12	Carpintería Exterior de PVC	12/02/2024	16/02/2024
183	Z	PES1	P1	Peldañado de Escaleras	24/11/2023	29/11/2023
184	Z	PES2	P2	Peldañado de Escaleras	29/11/2023	04/12/2023
185	Z	PES3	P3	Peldañado de Escaleras	04/12/2023	11/12/2023
186	Z	PES4	P4	Peldañado de Escaleras	11/12/2023	14/12/2023
187	Z	PES5	P5	Peldañado de Escaleras	14/12/2023	19/12/2023
188	Z	PES6	P6	Peldañado de Escaleras	19/12/2023	22/12/2023
189	Z	PES7	P7	Peldañado de Escaleras	22/12/2023	28/12/2023
190	Z	PES8	P8	Peldañado de Escaleras	28/12/2023	03/01/2024
191	Z	PES9	P9	Peldañado de Escaleras	03/01/2024	08/01/2024
192	Z	PES10	P10	Peldañado de Escaleras	09/01/2024	12/01/2024
193	Z	PES11	P11	Peldañado de Escaleras	15/01/2024	18/01/2024
194	Z	PES12	P12	Peldañado de Escaleras	19/01/2024	25/01/2024
195	AA	PAD1	P1	Pavimento Cerámico Distribuidores	08/02/2024	09/02/2024
196	AA	PAD2	P2	Pavimento Cerámico Distribuidores	09/02/2024	12/02/2024
197	AA	PAD3	P3	Pavimento Cerámico Distribuidores	12/02/2024	13/02/2024
198	AA	PAD4	P4	Pavimento Cerámico Distribuidores	13/02/2024	14/02/2024
199	AA	PAD5	P5	Pavimento Cerámico Distribuidores	14/02/2024	15/02/2024
200	AA	PAD6	P6	Pavimento Cerámico Distribuidores	15/02/2024	16/02/2024
201	AA	PAD7	P7	Pavimento Cerámico Distribuidores	16/02/2024	19/02/2024
202	AA	PAD8	P8	Pavimento Cerámico Distribuidores	19/02/2024	20/02/2024
203	AA	PAD9	P9	Pavimento Cerámico Distribuidores	20/02/2024	21/02/2024
204	AA	PAD10	P10	Pavimento Cerámico Distribuidores	22/02/2024	23/02/2024
205	AA	PAD11	P11	Pavimento Cerámico Distribuidores	26/02/2024	27/02/2024
206	AA	PAD12	P12	Pavimento Cerámico Distribuidores	28/02/2024	01/03/2024
207	AD	PIF1	P1	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	13/02/2024	15/02/2024
208	AD	PIF2	P2	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	16/02/2024	20/02/2024
209	AD	PIF3	P3	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	21/02/2024	23/02/2024
210	AD	PIF4	P4	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	26/02/2024	28/02/2024
211	AD	PIF5	P5	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	29/02/2024	04/03/2024
212	AD	PIF6	P6	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	05/03/2024	07/03/2024
213	AD	PIF7	P7	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	08/03/2024	12/03/2024
214	AD	PIF8	P8	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	12/03/2024	14/03/2024
215	AD	PIF9	P9	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	14/03/2024	18/03/2024
216	AD	PIF10	P10	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	18/03/2024	21/03/2024
217	AD	PIF11	P11	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	21/03/2024	25/03/2024
218	AD	PIF12	P12	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Fondeo)	25/03/2024	28/03/2024
219	AE	LAM1	P1	Pavimento Laminado	20/02/2024	22/02/2024
220	AE	LAM2	P2	Pavimento Laminado	23/02/2024	27/02/2024
221	AE	LAM3	P3	Pavimento Laminado	28/02/2024	01/03/2024
222	AE	LAM4	P4	Pavimento Laminado	04/03/2024	06/03/2024
223	AE	LAM5	P5	Pavimento Laminado	07/03/2024	11/03/2024
224	AE	LAM6	P6	Pavimento Laminado	12/03/2024	14/03/2024
225	AE	LAM7	P7	Pavimento Laminado	15/03/2024	20/03/2024
226	AE	LAM8	P8	Pavimento Laminado	21/03/2024	25/03/2024



227	AE	LAM9	P9	Pavimento Laminado	26/03/2024	28/03/2024
228	AE	LAM10	P10	Pavimento Laminado	01/04/2024	03/04/2024
229	AE	LAM11	P11	Pavimento Laminado	03/04/2024	05/04/2024
230	AE	LAM12	P12	Pavimento Laminado	05/04/2024	11/04/2024
231	AF	CMA1	P1	Carpintería Interior de Madera	27/02/2024	08/03/2024
232	AF	CMA2	P2	Carpintería Interior de Madera	01/03/2024	13/03/2024
233	AF	CMA3	P3	Carpintería Interior de Madera	06/03/2024	18/03/2024
234	AF	CMA4	P4	Carpintería Interior de Madera	11/03/2024	22/03/2024
235	AF	CMA5	P5	Carpintería Interior de Madera	14/03/2024	27/03/2024
236	AF	CMA6	P6	Carpintería Interior de Madera	20/03/2024	02/04/2024
237	AF	CMA7	P7	Carpintería Interior de Madera	25/03/2024	05/04/2024
238	AF	CMA8	P8	Carpintería Interior de Madera	28/03/2024	11/04/2024
239	AF	CMA9	P9	Carpintería Interior de Madera	03/04/2024	16/04/2024
240	AF	CMA10	P10	Carpintería Interior de Madera	09/04/2024	19/04/2024
241	AF	CMA11	P11	Carpintería Interior de Madera	12/04/2024	24/04/2024
242	AF	CMA12	P12	Carpintería Interior de Madera	16/04/2024	26/04/2024
243	AG	MOS1	P1	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	18/03/2024	20/03/2024
244	AG	MOS2	P2	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	22/03/2024	25/03/2024
245	AG	MOS3	P3	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	27/03/2024	28/03/2024
246	AG	MOS4	P4	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	02/04/2024	03/04/2024
247	AG	MOS5	P5	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	05/04/2024	09/04/2024
248	AG	MOS6	P6	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	11/04/2024	12/04/2024
249	AG	MOS7	P7	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	16/04/2024	17/04/2024
250	AG	MOS8	P8	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	19/04/2024	22/04/2024
251	AG	MOS9	P9	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	24/04/2024	25/04/2024
252	AG	MOS10	P10	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	29/04/2024	30/04/2024
253	AG	MOS11	P11	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	03/05/2024	06/05/2024
254	AG	MOS12	P12	Inst. Mobiliario Sanitario y Grifería	08/05/2024	10/05/2024
255	AH	MCO1	P1	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	18/03/2024	20/03/2024
256	AH	MCO2	P2	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	22/03/2024	25/03/2024
257	AH	MCO3	P3	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	27/03/2024	28/03/2024
258	AH	MCO4	P4	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	02/04/2024	03/04/2024
259	AH	MCO5	P5	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	05/04/2024	09/04/2024
260	AH	MCO6	P6	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	11/04/2024	12/04/2024
261	AH	MCO7	P7	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	16/04/2024	17/04/2024
262	AH	MCO8	P8	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	19/04/2024	22/04/2024
263	AH	MCO9	P9	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	24/04/2024	25/04/2024
264	AH	MCO10	P10	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	29/04/2024	30/04/2024
265	AH	MCO11	P11	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	03/05/2024	06/05/2024
266	AH	MCO12	P12	Muebles De Cocinas con Armarios Altos	09/05/2024	13/05/2024
267	AI	PID1	P1	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	09/04/2024	11/04/2024
268	AI	PID2	P2	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	12/04/2024	16/04/2024
269	AI	PID3	P3	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	17/04/2024	19/04/2024
270	AI	PID4	P4	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	22/04/2024	24/04/2024
271	AI	PID5	P5	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	25/04/2024	29/04/2024
272	AI	PID6	P6	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	30/04/2024	03/05/2024



273	AI	PID7	P7	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	06/05/2024	08/05/2024
274	AI	PID8	P8	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	08/05/2024	10/05/2024
275	AI	PID9	P9	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	10/05/2024	14/05/2024
276	AI	PID10	P10	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	14/05/2024	16/05/2024
277	AI	PID11	P11	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	16/05/2024	20/05/2024
278	AI	PID12	P12	Pintura Plástica Acrílica Lisa (Doblado)	20/05/2024	23/05/2024
279	AJ	EQU1	P1	Equipamiento de Cocina	09/05/2024	10/05/2024
280	AJ	EQU2	P2	Equipamiento de Cocina	10/05/2024	13/05/2024
281	AJ	EQU3	P3	Equipamiento de Cocina	13/05/2024	14/05/2024
282	AJ	EQU4	P4	Equipamiento de Cocina	14/05/2024	15/05/2024
283	AJ	EQU5	P5	Equipamiento de Cocina	15/05/2024	16/05/2024
284	AJ	EQU6	P6	Equipamiento de Cocina	16/05/2024	17/05/2024
285	AJ	EQU7	P7	Equipamiento de Cocina	17/05/2024	20/05/2024
286	AJ	EQU8	P8	Equipamiento de Cocina	21/05/2024	22/05/2024
287	AJ	EQU9	P9	Equipamiento de Cocina	22/05/2024	23/05/2024
288	AJ	EQU10	P10	Equipamiento de Cocina	23/05/2024	24/05/2024
289	AJ	EQU11	P11	Equipamiento de Cocina	24/05/2024	27/05/2024
290	AJ	EQU12	P12	Equipamiento de Cocina	27/05/2024	29/05/2024
291	H	AIS1	P1	Aislamiento Térmico de Fachada	29/06/2023	29/06/2023
292	H	AIS2	P2	Aislamiento Térmico de Fachada	12/07/2023	12/07/2023
293	H	AIS3	P3	Aislamiento Térmico de Fachada	25/07/2023	25/07/2023
294	H	AIS4	P4	Aislamiento Térmico de Fachada	07/08/2023	07/08/2023
295	H	AIS5	P5	Aislamiento Térmico de Fachada	21/08/2023	21/08/2023
296	H	AIS6	P6	Aislamiento Térmico de Fachada	01/09/2023	01/09/2023
297	H	AIS7	P7	Aislamiento Térmico de Fachada	14/09/2023	14/09/2023
298	H	AIS8	P8	Aislamiento Térmico de Fachada	27/09/2023	27/09/2023
299	H	AIS9	P9	Aislamiento Térmico de Fachada	11/10/2023	11/10/2023
300	H	AIS10	P10	Aislamiento Térmico de Fachada	25/10/2023	25/10/2023
301	H	AIS11	P11	Aislamiento Térmico de Fachada	08/11/2023	08/11/2023
302	H	AIS12	P12	Aislamiento Térmico de Fachada	21/11/2023	21/11/2023
303	I	ANI1	P1	Mortero Autonivelante	03/07/2023	03/07/2023
304	I	ANI2	P2	Mortero Autonivelante	14/07/2023	14/07/2023
305	I	ANI3	P3	Mortero Autonivelante	27/07/2023	27/07/2023
306	I	ANI4	P4	Mortero Autonivelante	09/08/2023	09/08/2023
307	I	ANI5	P5	Mortero Autonivelante	23/08/2023	23/08/2023
308	I	ANI6	P6	Mortero Autonivelante	05/09/2023	05/09/2023
309	I	ANI7	P7	Mortero Autonivelante	18/09/2023	18/09/2023
310	I	ANI8	P8	Mortero Autonivelante	29/09/2023	29/09/2023
311	I	ANI9	P9	Mortero Autonivelante	16/10/2023	16/10/2023
312	I	ANI10	P10	Mortero Autonivelante	27/10/2023	27/10/2023
313	I	ANI11	P11	Mortero Autonivelante	10/11/2023	10/11/2023
314	I	ANI12	P12	Mortero Autonivelante	23/11/2023	23/11/2023
315	L	IVE1	P1	Inst. Ventilación de Viviendas	08/08/2023	10/08/2023
316	L	IVE2	P2	Inst. Ventilación de Viviendas	21/08/2023	23/08/2023
317	L	IVE3	P3	Inst. Ventilación de Viviendas	31/08/2023	04/09/2023
318	L	IVE4	P4	Inst. Ventilación de Viviendas	12/09/2023	14/09/2023

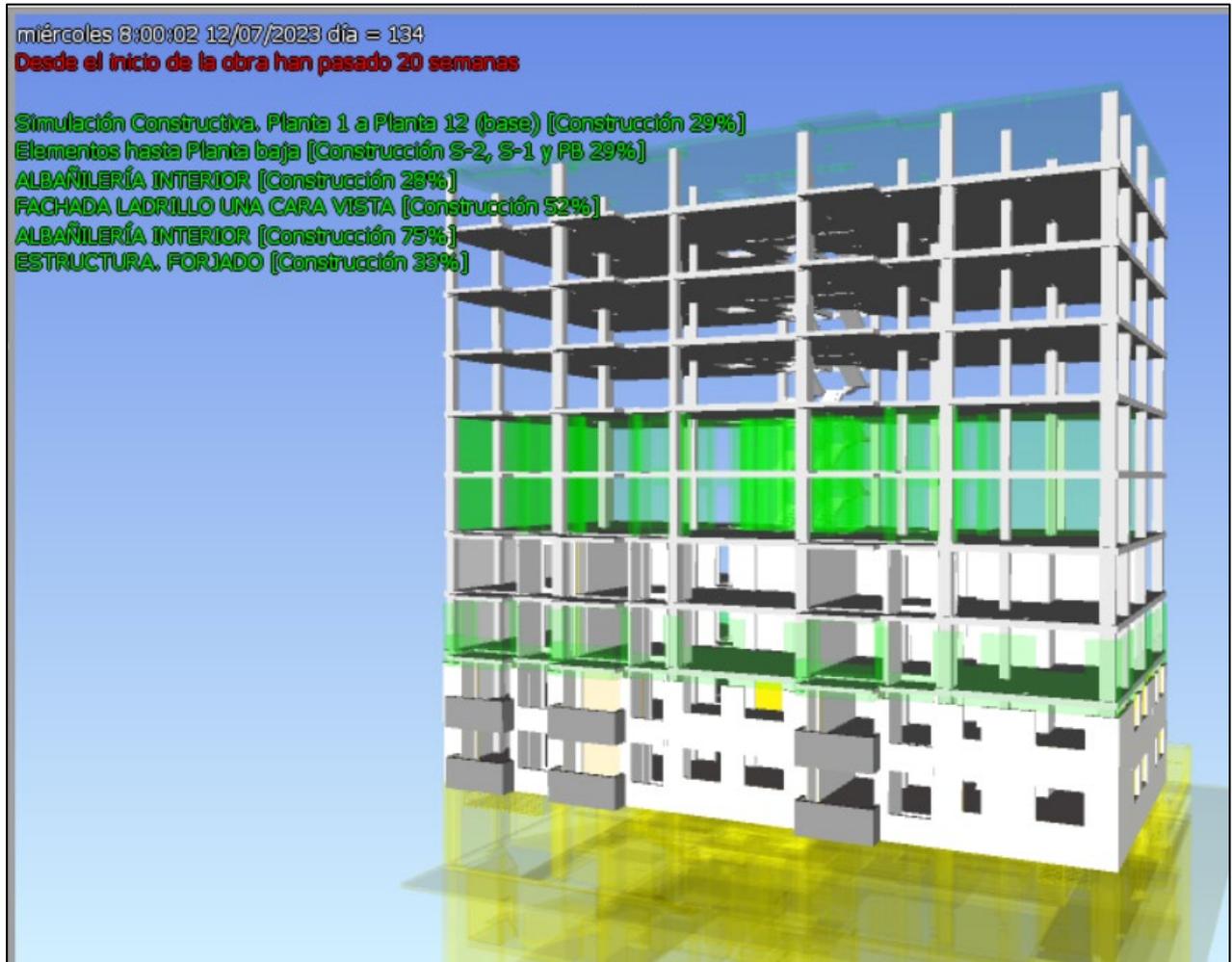


319	L	IVE5	P5	Inst. Ventilación de Viviendas	22/09/2023	26/09/2023
320	L	IVE6	P6	Inst. Ventilación de Viviendas	04/10/2023	06/10/2023
321	L	IVE7	P7	Inst. Ventilación de Viviendas	18/10/2023	20/10/2023
322	L	IVE8	P8	Inst. Ventilación de Viviendas	30/10/2023	02/11/2023
323	L	IVE9	P9	Inst. Ventilación de Viviendas	10/11/2023	14/11/2023
324	L	IVE10	P10	Inst. Ventilación de Viviendas	22/11/2023	24/11/2023
325	L	IVE11	P11	Inst. Ventilación de Viviendas	04/12/2023	07/12/2023
326	L	IVE12	P12	Inst. Ventilación de Viviendas	18/12/2023	20/12/2023
327	O	ICL1	P1	Inst. Climatización	11/08/2023	14/08/2023
328	O	ICL2	P2	Inst. Climatización	24/08/2023	25/08/2023
329	O	ICL3	P3	Inst. Climatización	05/09/2023	06/09/2023
330	O	ICL4	P4	Inst. Climatización	15/09/2023	18/09/2023
331	O	ICL5	P5	Inst. Climatización	27/09/2023	28/09/2023
332	O	ICL6	P6	Inst Climatización	10/10/2023	11/10/2023
333	O	ICL7	P7	Inst. Climatización	23/10/2023	24/10/2023
334	O	ICL8	P8	Inst. Climatización	03/11/2023	06/11/2023
335	O	ICL9	P9	Inst. Climatización	15/11/2023	16/11/2023
336	O	ICL10	P10	Inst. Climatización	27/11/2023	28/11/2023
337	O	ICL11	P11	Inst. Climatización	11/12/2023	12/12/2023
338	O	ICL12	P12	Inst. Climatización	21/12/2023	22/12/2023
339	Y	CME1	P1	Cerrajería. Celosías de Galerías	19/09/2023	19/09/2023
340	Y	CME2	P2	Cerrajería. Celosías de Galerías	29/09/2023	29/09/2023
341	Y	CME3	P3	Cerrajería. Celosías de Galerías	13/10/2023	13/10/2023
342	Y	CME4	P4	Cerrajería. Celosías de Galerías	25/10/2023	25/10/2023
343	Y	CME5	P5	Cerrajería. Celosías de Galerías	07/11/2023	07/11/2023
344	Y	CME6	P6	Cerrajería. Celosías de Galerías	17/11/2023	17/11/2023
345	Y	CME7	P7	Cerrajería. Celosías de Galerías	29/11/2023	29/11/2023
346	Y	CME8	P8	Cerrajería. Celosías de Galerías	13/12/2023	13/12/2023
347	Y	CME9	P9	Cerrajería. Celosías de Galerías	26/12/2023	26/12/2023
348	Y	CME10	P10	Cerrajería. Celosías de Galerías	08/01/2024	08/01/2024
349	Y	CME11	P11	Cerrajería. Celosías de Galerías	18/01/2024	18/01/2024
350	Y	CME12	P12	Cerrajería. Celosías de Galerías	30/01/2024	30/01/2024
351	AB	BAB1	P1	Cerrajería. Barandillas de Balcones	26/09/2023	27/09/2023
352	AB	BAB2	P2	Cerrajería. Barandillas de Balcones	06/10/2023	10/10/2023
353	AB	BAB3	P3	Cerrajería. Barandillas de Balcones	20/10/2023	23/10/2023
354	AB	BAB4	P4	Cerrajería. Barandillas de Balcones	02/11/2023	03/11/2023
355	AB	BAB5	P5	Cerrajería. Barandillas de Balcones	14/11/2023	15/11/2023
356	AB	BAB6	P6	Cerrajería. Barandillas de Balcones	24/11/2023	27/11/2023
357	AB	BAB7	P7	Cerrajería. Barandillas de Balcones	07/12/2023	11/12/2023
358	AB	BAB8	P8	Cerrajería. Barandillas de Balcones	20/12/2023	21/12/2023
359	AB	BAB9	P9	Cerrajería. Barandillas de Balcones	03/01/2024	04/01/2024
360	AB	BAB10	P10	Cerrajería. Barandillas de Balcones	15/01/2024	16/01/2024
361	AB	BAB11	P11	Cerrajería. Barandillas de Balcones	25/01/2024	26/01/2024
362	AB	BAB12	P12	Cerrajería. Barandillas de Balcones	06/02/2024	07/02/2024
363	AC	BAE1	P1	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	11/12/2023	11/12/2023
364	AC	BAE2	P2	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	15/12/2023	15/12/2023



365	AC	BAE3	P3	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	21/12/2023	21/12/2023
366	AC	BAE4	P4	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	28/12/2023	28/12/2023
367	AC	BAE5	P5	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	04/01/2024	04/01/2024
368	AC	BAE6	P6	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	10/01/2024	10/01/2024
369	AC	BAE7	P7	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	16/01/2024	16/01/2024
370	AC	BAE8	P8	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	22/01/2024	22/01/2024
371	AC	BAE9	P9	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	26/01/2024	26/01/2024
372	AC	BAE10	P10	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	01/02/2024	01/02/2024
373	AC	BAE11	P11	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	07/02/2024	07/02/2024
374	AC	BAE12	P12	Cerrajería. Barandillas de Escaleras	13/02/2024	13/02/2024

## Anexo 5. Enlace a video Simulación constructiva basado en la Planificación mediante la técnica de Líneas de Balance



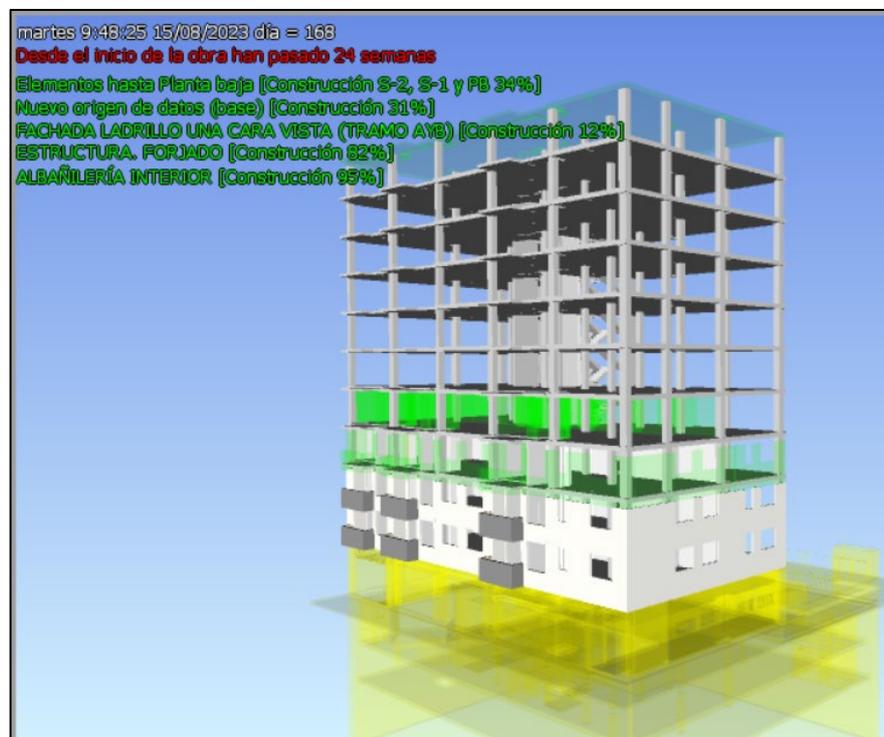
Enlace a video: [https://youtu.be/7Ez\\_I6U8c2o](https://youtu.be/7Ez_I6U8c2o)

## Anexo 6. Enlace a video Simulación constructiva. Planificación de obra VS Cronograma real de ejecución



Enlace a video: <https://youtu.be/d6VFEeveQUc>

## Simulación Constructiva. Cronograma real de ejecución



Enlace a video: <https://youtu.be/vA9McVYzmqQ>

## Anexo 7. Enlace a video Simulación de detección de interferencias con la herramienta TimeLiner



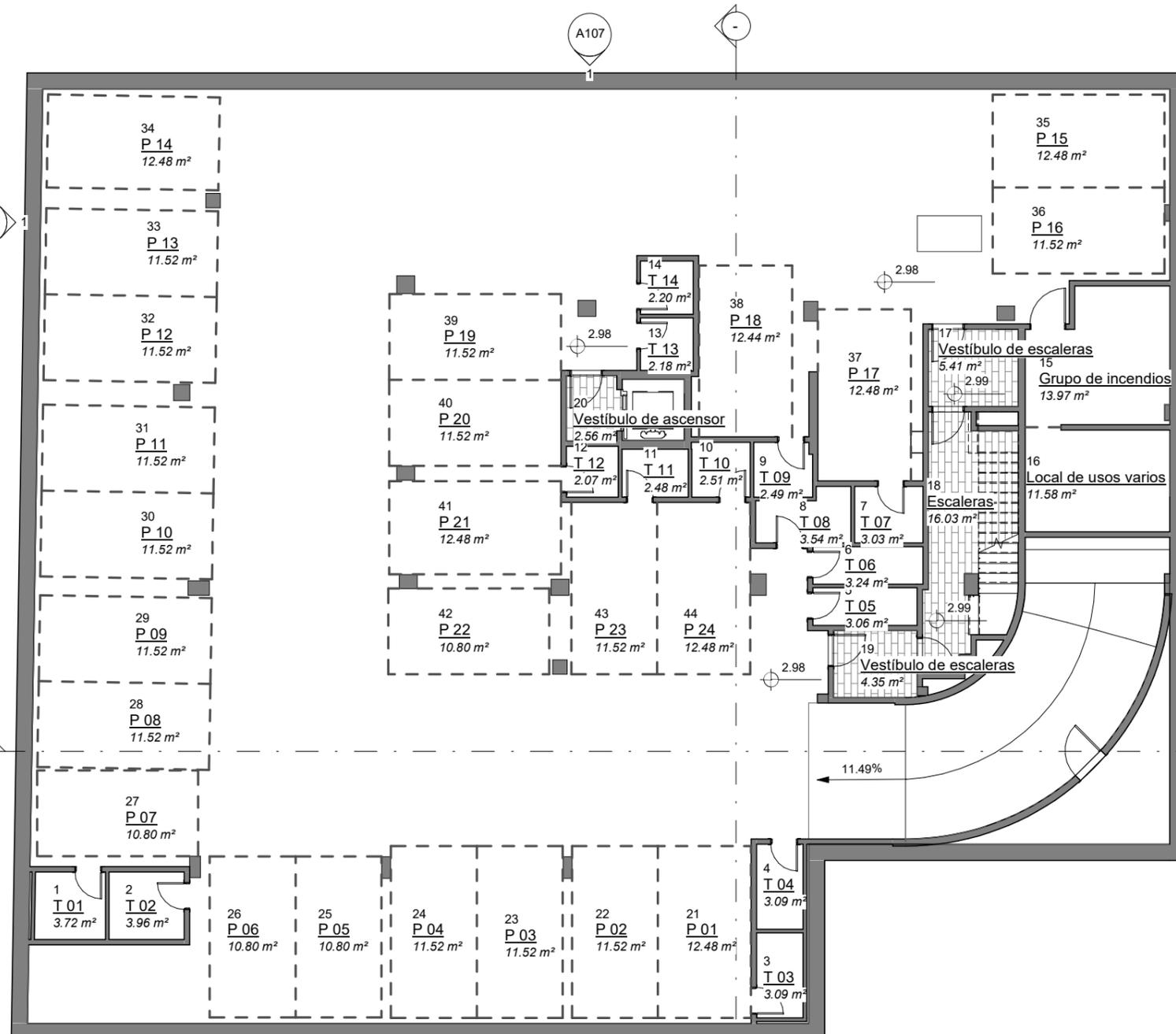
Enlace a video: <https://youtu.be/ebSdx1f7Bks>



**Anexo 8. Planos de arquitectura del caso de estudio: Proyecto de edificio de 50 viviendas “Célere Elisae”. Fuente: Elaborados por la autora.**

Tabla de superficies. Sótano -2

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
1	T 01	3.72 m <sup>2</sup>	7.72 m	10.10 m <sup>3</sup>
2	T 02	3.96 m <sup>2</sup>	7.97 m	10.75 m <sup>3</sup>
3	T 03	3.09 m <sup>2</sup>	7.35 m	8.38 m <sup>3</sup>
4	T 04	3.09 m <sup>2</sup>	7.35 m	8.39 m <sup>3</sup>
5	T 05	3.06 m <sup>2</sup>	7.93 m	8.35 m <sup>3</sup>
6	T 06	3.24 m <sup>2</sup>	8.26 m	8.79 m <sup>3</sup>
7	T 07	3.03 m <sup>2</sup>	6.99 m	8.22 m <sup>3</sup>
8	T 08	3.54 m <sup>2</sup>	8.49 m	9.61 m <sup>3</sup>
9	T 09	2.49 m <sup>2</sup>	6.36 m	6.75 m <sup>3</sup>
10	T 10	2.51 m <sup>2</sup>	6.33 m	6.80 m <sup>3</sup>
11	T 11	2.48 m <sup>2</sup>	6.39 m	6.74 m <sup>3</sup>
12	T 12	2.07 m <sup>2</sup>	5.75 m	5.61 m <sup>3</sup>
13	T 13	2.18 m <sup>2</sup>	5.94 m	5.91 m <sup>3</sup>
14	T 14	2.20 m <sup>2</sup>	5.94 m	5.98 m <sup>3</sup>
15	Grupo de incendios	13.97 m <sup>2</sup>	16.26 m	32.90 m <sup>3</sup>
16	Local de usos varios	11.58 m <sup>2</sup>	13.92 m	17.46 m <sup>3</sup>
17	Vestíbulo de escaleras	5.41 m <sup>2</sup>	9.33 m	12.93 m <sup>3</sup>
18	Escaleras	16.03 m <sup>2</sup>	19.73 m	42.71 m <sup>3</sup>
19	Vestíbulo de escaleras	4.35 m <sup>2</sup>	8.40 m	10.40 m <sup>3</sup>
20	Vestíbulo de ascensor	2.56 m <sup>2</sup>	6.45 m	6.12 m <sup>3</sup>
21	P 01	12.48 m <sup>2</sup>	14.25 m	33.88 m <sup>3</sup>
22	P 02	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	31.27 m <sup>3</sup>
23	P 03	11.52 m <sup>2</sup>	13.85 m	31.27 m <sup>3</sup>
24	P 04	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	31.27 m <sup>3</sup>
25	P 05	10.80 m <sup>2</sup>	13.52 m	29.32 m <sup>3</sup>
26	P 06	10.80 m <sup>2</sup>	13.80 m	29.32 m <sup>3</sup>
27	P 07	10.80 m <sup>2</sup>	13.25 m	29.32 m <sup>3</sup>
28	P 08	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	31.27 m <sup>3</sup>
29	P 09	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	31.28 m <sup>3</sup>
30	P 10	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.27 m <sup>3</sup>
31	P 11	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.27 m <sup>3</sup>
32	P 12	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	31.27 m <sup>3</sup>
33	P 13	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.27 m <sup>3</sup>
34	P 14	12.48 m <sup>2</sup>	14.52 m	33.88 m <sup>3</sup>
35	P 15	12.48 m <sup>2</sup>	14.52 m	35.00 m <sup>3</sup>
36	P 16	11.52 m <sup>2</sup>	14.12 m	34.38 m <sup>3</sup>
37	P 17	12.48 m <sup>2</sup>	14.80 m	33.88 m <sup>3</sup>
38	P 18	12.44 m <sup>2</sup>	14.49 m	33.77 m <sup>3</sup>
39	P 19	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.27 m <sup>3</sup>
40	P 20	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.28 m <sup>3</sup>
41	P 21	12.48 m <sup>2</sup>	13.97 m	33.88 m <sup>3</sup>
42	P 22	10.80 m <sup>2</sup>	13.52 m	29.32 m <sup>3</sup>
43	P 23	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	31.27 m <sup>3</sup>
44	P 24	12.48 m <sup>2</sup>	14.25 m	33.88 m <sup>3</sup>



1 DISTRIBUCIÓN. SÓTANO -2  
A101 1: 100



**UE MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

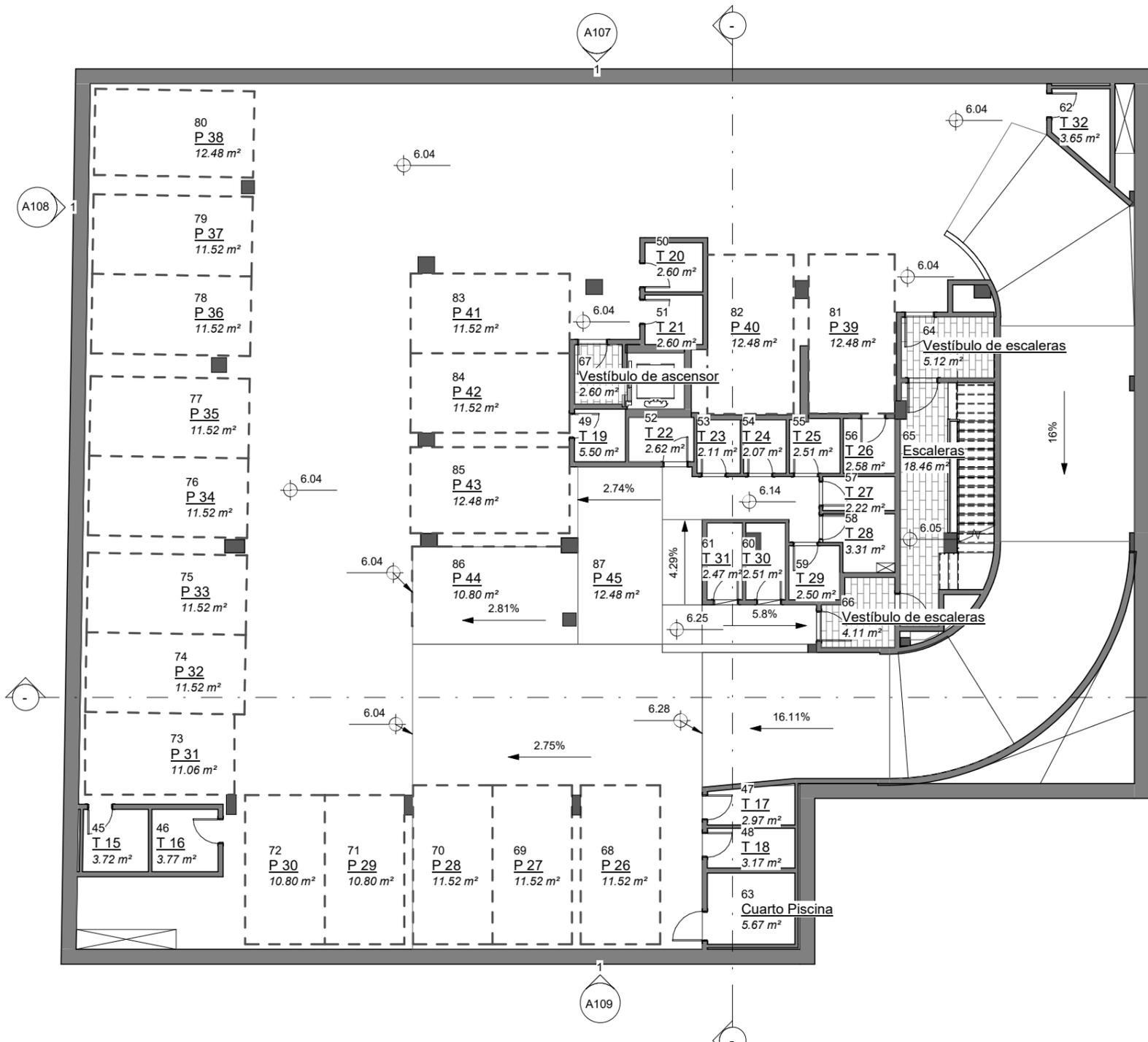
**A101  
Distribución. Sótano -2**

E: 1 : 100

21/06/2024 13:25:42

Tabla de superficies. Sótano -1

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
45	T 15	3.72 m <sup>2</sup>	7.72 m	9.41 m <sup>3</sup>
46	T 16	3.77 m <sup>2</sup>	7.77 m	9.54 m <sup>3</sup>
47	T 17	2.97 m <sup>2</sup>	7.54 m	8.10 m <sup>3</sup>
48	T 18	3.17 m <sup>2</sup>	7.68 m	8.67 m <sup>3</sup>
49	T 19	5.50 m <sup>2</sup>	13.20 m	16.45 m <sup>3</sup>
50	T 20	2.60 m <sup>2</sup>	6.47 m	7.79 m <sup>3</sup>
51	T 21	2.60 m <sup>2</sup>	6.47 m	7.80 m <sup>3</sup>
52	T 22	2.62 m <sup>2</sup>	6.59 m	7.60 m <sup>3</sup>
53	T 23	2.11 m <sup>2</sup>	5.84 m	6.11 m <sup>3</sup>
54	T 24	2.07 m <sup>2</sup>	5.80 m	5.98 m <sup>3</sup>
55	T 25	2.51 m <sup>2</sup>	6.37 m	7.26 m <sup>3</sup>
56	T 26	2.58 m <sup>2</sup>	6.42 m	7.47 m <sup>3</sup>
57	T 27	2.22 m <sup>2</sup>	6.40 m	6.43 m <sup>3</sup>
58	T 28	3.31 m <sup>2</sup>	7.92 m	9.62 m <sup>3</sup>
59	T 29	2.50 m <sup>2</sup>	6.33 m	7.23 m <sup>3</sup>
60	T 30	2.51 m <sup>2</sup>	7.92 m	6.85 m <sup>3</sup>
61	T 31	2.47 m <sup>2</sup>	6.76 m	6.18 m <sup>3</sup>
62	T 32	3.65 m <sup>2</sup>	8.23 m	10.95 m <sup>3</sup>
63	Cuarto Piscina	5.67 m <sup>2</sup>	9.58 m	15.55 m <sup>3</sup>
64	Vestíbulo de escaleras	5.12 m <sup>2</sup>	9.26 m	12.24 m <sup>3</sup>
65	Escaleras	18.46 m <sup>2</sup>	20.43 m	55.27 m <sup>3</sup>
66	Vestíbulo de escaleras	4.11 m <sup>2</sup>	8.67 m	9.82 m <sup>3</sup>
67	Vestíbulo de ascensor	2.60 m <sup>2</sup>	6.49 m	6.22 m <sup>3</sup>
68	P 26	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	27.16 m <sup>3</sup>
69	P 27	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	28.00 m <sup>3</sup>
70	P 28	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	28.76 m <sup>3</sup>
71	P 29	10.80 m <sup>2</sup>	13.25 m	27.32 m <sup>3</sup>
72	P 30	10.80 m <sup>2</sup>	13.52 m	27.32 m <sup>3</sup>
73	P 31	11.06 m <sup>2</sup>	13.36 m	27.98 m <sup>3</sup>
74	P 32	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	29.15 m <sup>3</sup>
75	P 33	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	29.15 m <sup>3</sup>
76	P 34	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	34.56 m <sup>3</sup>
77	P 35	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	34.56 m <sup>3</sup>
78	P 36	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	34.56 m <sup>3</sup>
79	P 37	11.52 m <sup>2</sup>	13.85 m	34.56 m <sup>3</sup>
80	P 38	12.48 m <sup>2</sup>	14.52 m	37.44 m <sup>3</sup>
81	P 39	12.48 m <sup>2</sup>	13.97 m	37.44 m <sup>3</sup>
82	P 40	12.48 m <sup>2</sup>	14.25 m	35.96 m <sup>3</sup>
83	P 41	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	34.56 m <sup>3</sup>
84	P 42	11.52 m <sup>2</sup>	14.40 m	34.56 m <sup>3</sup>
85	P 43	12.48 m <sup>2</sup>	13.97 m	37.44 m <sup>3</sup>
86	P 44	10.80 m <sup>2</sup>	13.80 m	26.65 m <sup>3</sup>
87	P 45	12.48 m <sup>2</sup>	14.25 m	31.46 m <sup>3</sup>



1 DISTRIBUCIÓN. SÓTANO -1  
A102 1: 100

**UE MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

Máster Universitario en Edificación

Especialidad: Tecnología  
Promoción: Curso 2023-24

Nombre del proyecto:  
**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA, CÉLERE ELISAE**

Dirección:  
CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:  
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:  
**A102  
Distribución. Sótano -1**

E: 1 : 100  
21/06/2024 13:25:54

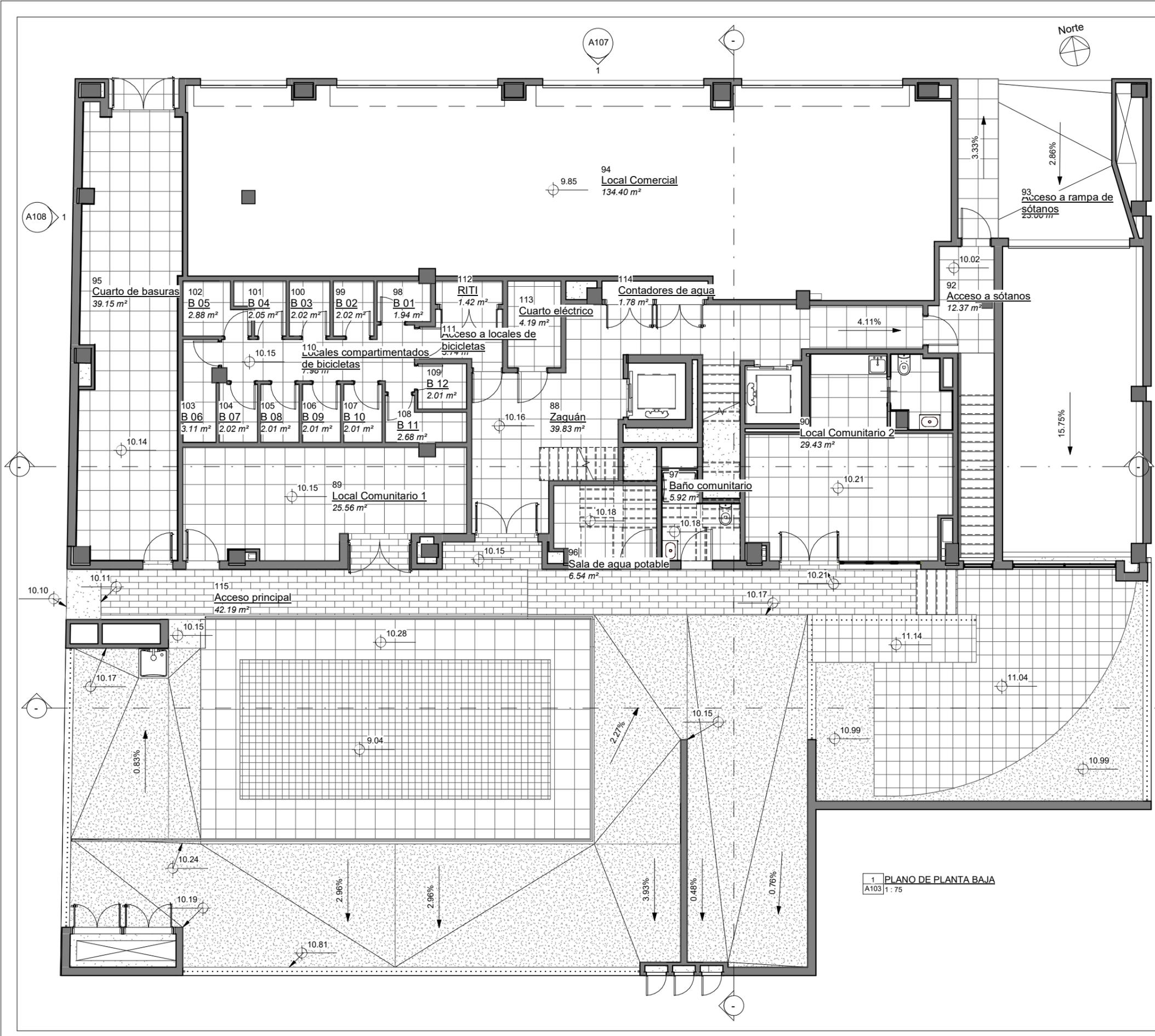


Tabla de superficies. Planta Baja			
Nº	Nombre	Área	Perímetro
88	Zaguán	39.83 m <sup>2</sup>	49.81 m
89	Local Comunitario 1	25.56 m <sup>2</sup>	25.21 m
90	Local Comunitario 2	29.43 m <sup>2</sup>	25.51 m
91	Baño Local Comunitario	3.37 m <sup>2</sup>	8.10 m
92	Acceso a sótanos	12.37 m <sup>2</sup>	22.73 m
93	Acceso a rampa de sótanos	23.00 m <sup>2</sup>	19.64 m
94	Local Comercial	134.40 m <sup>2</sup>	63.35 m
95	Cuarto de basuras	39.15 m <sup>2</sup>	35.49 m
96	Sala de agua potable	6.54 m <sup>2</sup>	13.49 m
97	Baño comunitario	5.92 m <sup>2</sup>	11.56 m
98	B 01	1.94 m <sup>2</sup>	5.66 m
99	B 02	2.02 m <sup>2</sup>	5.75 m
100	B 03	2.02 m <sup>2</sup>	5.75 m
101	B 04	2.05 m <sup>2</sup>	6.46 m
102	B 05	2.88 m <sup>2</sup>	7.44 m
103	B 06	3.11 m <sup>2</sup>	8.59 m
104	B 07	2.02 m <sup>2</sup>	5.89 m
105	B 08	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
106	B 09	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
107	B 10	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
108	B 11	2.68 m <sup>2</sup>	7.79 m
109	B 12	2.01 m <sup>2</sup>	5.68 m
110	Locales compartimentados de bicicletas	7.98 m <sup>2</sup>	15.65 m
111	Acceso a locales de bicicletas	3.74 m <sup>2</sup>	8.54 m
112	RITI	1.42 m <sup>2</sup>	5.45 m
113	Cuarto eléctrico	4.19 m <sup>2</sup>	8.43 m
114	Contadores de agua	1.78 m <sup>2</sup>	7.51 m
115	Acceso principal	42.19 m <sup>2</sup>	61.23 m

1 PLANO DE PLANTA BAJA  
A103 1:75

**UE MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad Tecnología Promoción Curso 2023-24

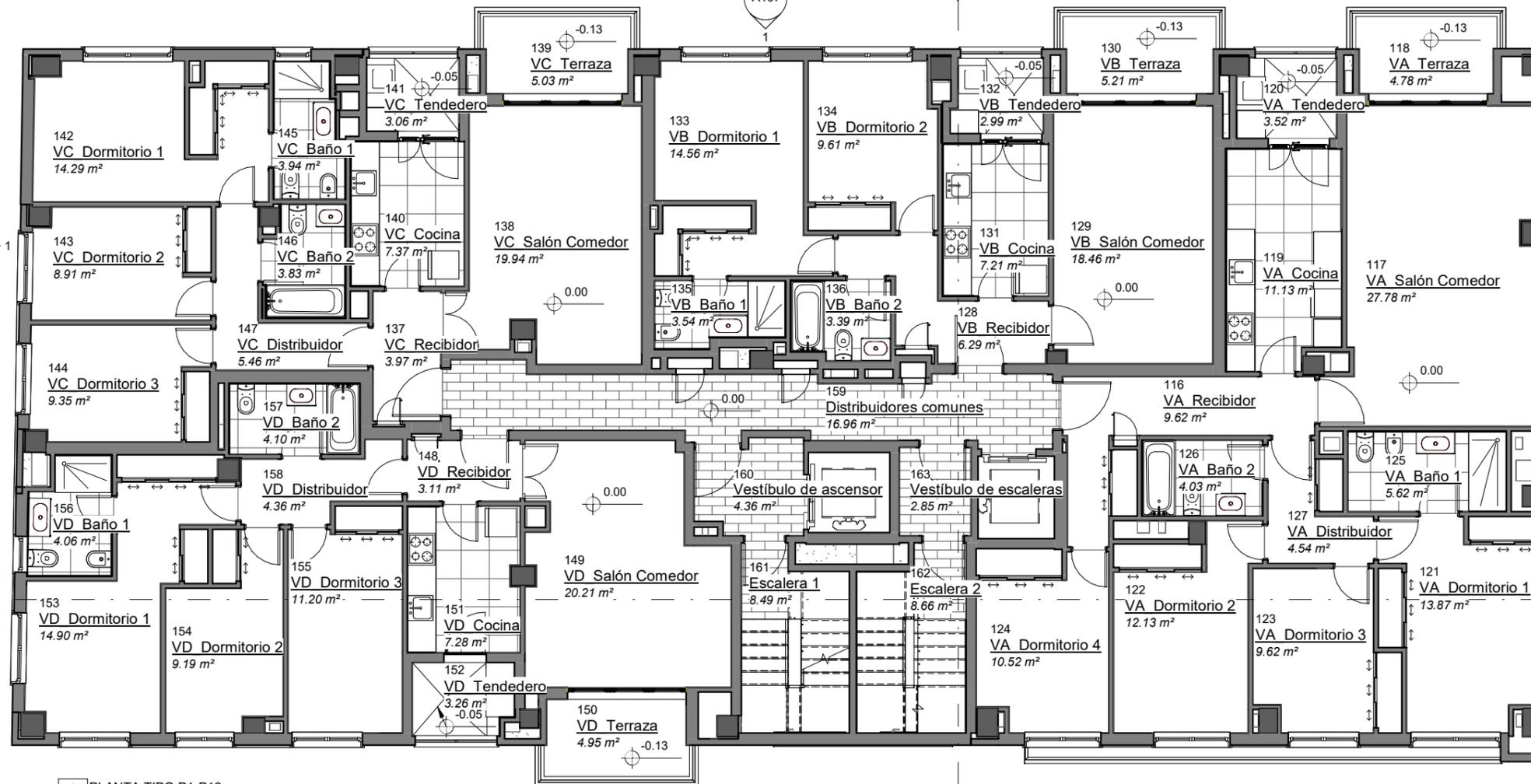
Nombre del proyecto:  
**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA, CÉLERE ELISAE**

Dirección:  
CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:  
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:  
**A103**  
Distribución. Planta Baja

E: 1 : 75 21/06/2024 13:26:10



1 PLANTA TIPO P1-P12  
A104 1:75

Tabla de superficies. Planta Tipo

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
116	VA_Recibidor	9.62 m <sup>2</sup>	19.03 m	21.51 m <sup>3</sup>
117	VA_Salón Comedor	27.78 m <sup>2</sup>	23.88 m	69.52 m <sup>3</sup>
118	VA_Terraza	4.78 m <sup>2</sup>	9.28 m	11.25 m <sup>3</sup>
119	VA_Cocina	11.13 m <sup>2</sup>	14.36 m	25.60 m <sup>3</sup>
120	VA_Tendedero	3.52 m <sup>2</sup>	7.66 m	8.23 m <sup>3</sup>
121	VA_Dormitorio 1	13.87 m <sup>2</sup>	18.10 m	34.10 m <sup>3</sup>
122	VA_Dormitorio 2	12.13 m <sup>2</sup>	16.49 m	30.05 m <sup>3</sup>
123	VA_Dormitorio 3	9.62 m <sup>2</sup>	13.31 m	24.15 m <sup>3</sup>
124	VA_Dormitorio 4	10.52 m <sup>2</sup>	14.61 m	26.24 m <sup>3</sup>
125	VA_Baño 1	5.62 m <sup>2</sup>	10.07 m	12.37 m <sup>3</sup>
126	VA_Baño 2	4.03 m <sup>2</sup>	8.27 m	9.06 m <sup>3</sup>
127	VA_Distribuidor	4.54 m <sup>2</sup>	10.84 m	10.26 m <sup>3</sup>
128	VB_Recibidor	6.29 m <sup>2</sup>	14.40 m	13.84 m <sup>3</sup>
129	VB_Salón Comedor	18.46 m <sup>2</sup>	17.73 m	46.16 m <sup>3</sup>
130	VB_Terraza	5.21 m <sup>2</sup>	9.78 m	12.25 m <sup>3</sup>
131	VB_Cocina	7.21 m <sup>2</sup>	10.93 m	16.57 m <sup>3</sup>
132	VB_Tendedero	2.99 m <sup>2</sup>	7.17 m	6.97 m <sup>3</sup>

Tabla de superficies. Planta Tipo

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
133	VB_Dormitorio 1	14.56 m <sup>2</sup>	22.12 m	32.68 m <sup>3</sup>
134	VB_Dormitorio 2	9.61 m <sup>2</sup>	13.83 m	23.97 m <sup>3</sup>
135	VB_Baño 1	3.54 m <sup>2</sup>	8.39 m	7.78 m <sup>3</sup>
136	VB_Baño 2	3.39 m <sup>2</sup>	7.56 m	7.62 m <sup>3</sup>
137	VC_Recibidor	3.97 m <sup>2</sup>	8.39 m	8.73 m <sup>3</sup>
138	VC_Salón Comedor	19.94 m <sup>2</sup>	20.60 m	49.50 m <sup>3</sup>
139	VC_Terraza	5.03 m <sup>2</sup>	9.54 m	11.82 m <sup>3</sup>
140	VC_Cocina	7.37 m <sup>2</sup>	10.95 m	16.94 m <sup>3</sup>
141	VC_Tendedero	3.06 m <sup>2</sup>	7.04 m	7.14 m <sup>3</sup>
142	VC_Dormitorio 1	14.29 m <sup>2</sup>	21.24 m	34.89 m <sup>3</sup>
143	VC_Dormitorio 2	8.91 m <sup>2</sup>	13.55 m	22.19 m <sup>3</sup>
144	VC_Dormitorio 3	9.35 m <sup>2</sup>	13.84 m	23.29 m <sup>3</sup>
145	VC_Baño 1	3.94 m <sup>2</sup>	8.86 m	8.80 m <sup>3</sup>
146	VC_Baño 2	3.83 m <sup>2</sup>	8.27 m	8.62 m <sup>3</sup>
147	VC_Distribuidor	5.46 m <sup>2</sup>	13.41 m	12.01 m <sup>3</sup>
148	VD_Recibidor	3.11 m <sup>2</sup>	7.39 m	6.84 m <sup>3</sup>
149	VD_Salón Comedor	20.21 m <sup>2</sup>	20.80 m	50.32 m <sup>3</sup>

Tabla de superficies. Planta Tipo

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
150	VD_Terraza	4.95 m <sup>2</sup>	9.45 m	11.64 m <sup>3</sup>
151	VD_Cocina	7.28 m <sup>2</sup>	11.40 m	16.74 m <sup>3</sup>
152	VD_Tendedero	3.26 m <sup>2</sup>	7.46 m	7.61 m <sup>3</sup>
153	VD_Dormitorio 1	14.90 m <sup>2</sup>	21.85 m	36.27 m <sup>3</sup>
154	VD_Dormitorio 2	9.19 m <sup>2</sup>	14.74 m	22.70 m <sup>3</sup>
155	VD_Dormitorio 3	11.20 m <sup>2</sup>	14.49 m	28.07 m <sup>3</sup>
156	VD_Baño 1	4.06 m <sup>2</sup>	8.66 m	8.99 m <sup>3</sup>
157	VD_Baño 2	4.10 m <sup>2</sup>	8.50 m	9.21 m <sup>3</sup>
158	VD_Distribuidor	4.36 m <sup>2</sup>	10.48 m	9.58 m <sup>3</sup>
159	Distribuidores comunes	16.96 m <sup>2</sup>	30.29 m	40.70 m <sup>3</sup>
160	Vestíbulo de ascensor	4.36 m <sup>2</sup>	8.82 m	10.48 m <sup>3</sup>
161	Escalera 1	8.49 m <sup>2</sup>	13.04 m	24.67 m <sup>3</sup>
162	Escalera 2	8.66 m <sup>2</sup>	12.73 m	25.11 m <sup>3</sup>
163	Vestíbulo de escaleras	2.85 m <sup>2</sup>	6.79 m	6.85 m <sup>3</sup>

**UE MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autoría:

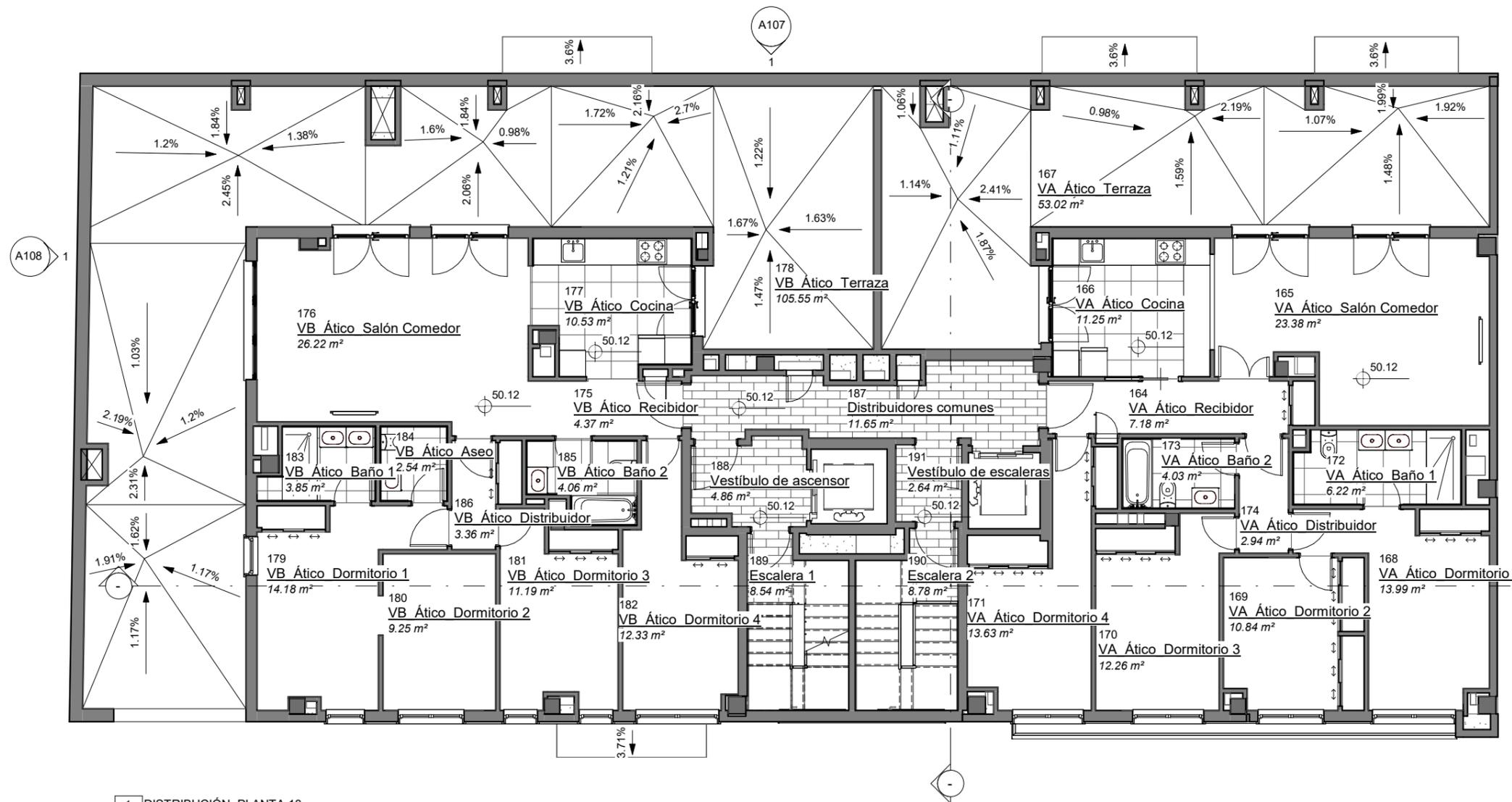
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A104**  
**Distribución. Planta Tipo P1-P12**

E: 1 : 75

21/06/2024 13:26:35



1 DISTRIBUCIÓN PLANTA 13.  
A105 1:75

Tabla de superficies. Planta 13 Ático

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
164	VA Ático Recibidor	7.18 m <sup>2</sup>	14.56 m	16.76 m <sup>3</sup>
165	VA Ático Salón Comedor	23.38 m <sup>2</sup>	22.19 m	60.61 m <sup>3</sup>
166	VA Ático Cocina	11.25 m <sup>2</sup>	13.44 m	26.99 m <sup>3</sup>
167	VA Ático Terraza	53.02 m <sup>2</sup>	45.33 m	158.56 m <sup>3</sup>
168	VA Ático Dormitorio 1	13.99 m <sup>2</sup>	19.22 m	35.02 m <sup>3</sup>
169	VA Ático Dormitorio 2	10.84 m <sup>2</sup>	14.47 m	28.00 m <sup>3</sup>
170	VA Ático Dormitorio 3	12.26 m <sup>2</sup>	16.57 m	31.63 m <sup>3</sup>
171	VA Ático Dormitorio 4	13.63 m <sup>2</sup>	20.71 m	34.86 m <sup>3</sup>
172	VA Ático Baño 1	6.22 m <sup>2</sup>	11.02 m	14.00 m <sup>3</sup>
173	VA Ático Baño 2	4.03 m <sup>2</sup>	8.27 m	9.26 m <sup>3</sup>
174	VA Ático Distribuidor	2.94 m <sup>2</sup>	7.49 m	6.77 m <sup>3</sup>
175	VB Ático Recibidor	4.37 m <sup>2</sup>	9.48 m	10.05 m <sup>3</sup>
176	VB Ático Salón Comedor	26.22 m <sup>2</sup>	21.93 m	67.52 m <sup>3</sup>
177	VB Ático Cocina	10.53 m <sup>2</sup>	13.88 m	25.48 m <sup>3</sup>

Tabla de superficies. Planta 13 Ático

Nº	Nombre	Área	Perímetro	Volumen
178	VB Ático Terraza	105.55 m <sup>2</sup>	76.08 m	316.66 m <sup>3</sup>
179	VB Ático Dormitorio 1	14.18 m <sup>2</sup>	19.76 m	36.29 m <sup>3</sup>
180	VB Ático Dormitorio 2	9.25 m <sup>2</sup>	12.47 m	23.59 m <sup>3</sup>
181	VB Ático Dormitorio 3	11.19 m <sup>2</sup>	16.47 m	28.85 m <sup>3</sup>
182	VB Ático Dormitorio 4	12.33 m <sup>2</sup>	18.62 m	31.28 m <sup>3</sup>
183	VB Ático Baño 1	3.85 m <sup>2</sup>	8.73 m	8.66 m <sup>3</sup>
184	VB Ático Aseo	2.54 m <sup>2</sup>	6.39 m	5.83 m <sup>3</sup>
185	VB Ático Baño 2	4.06 m <sup>2</sup>	8.83 m	9.33 m <sup>3</sup>
186	VB Ático Distribuidor	3.36 m <sup>2</sup>	8.18 m	8.08 m <sup>3</sup>
187	Distribuidores comunes	11.65 m <sup>2</sup>	20.89 m	27.96 m <sup>3</sup>
188	Vestíbulo de ascensor	4.86 m <sup>2</sup>	9.42 m	11.66 m <sup>3</sup>
189	Escalera 1	8.54 m <sup>2</sup>	12.94 m	25.10 m <sup>3</sup>
190	Escalera 2	8.78 m <sup>2</sup>	13.29 m	23.40 m <sup>3</sup>
191	Vestíbulo de escaleras	2.64 m <sup>2</sup>	6.52 m	6.33 m <sup>3</sup>

**UE MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

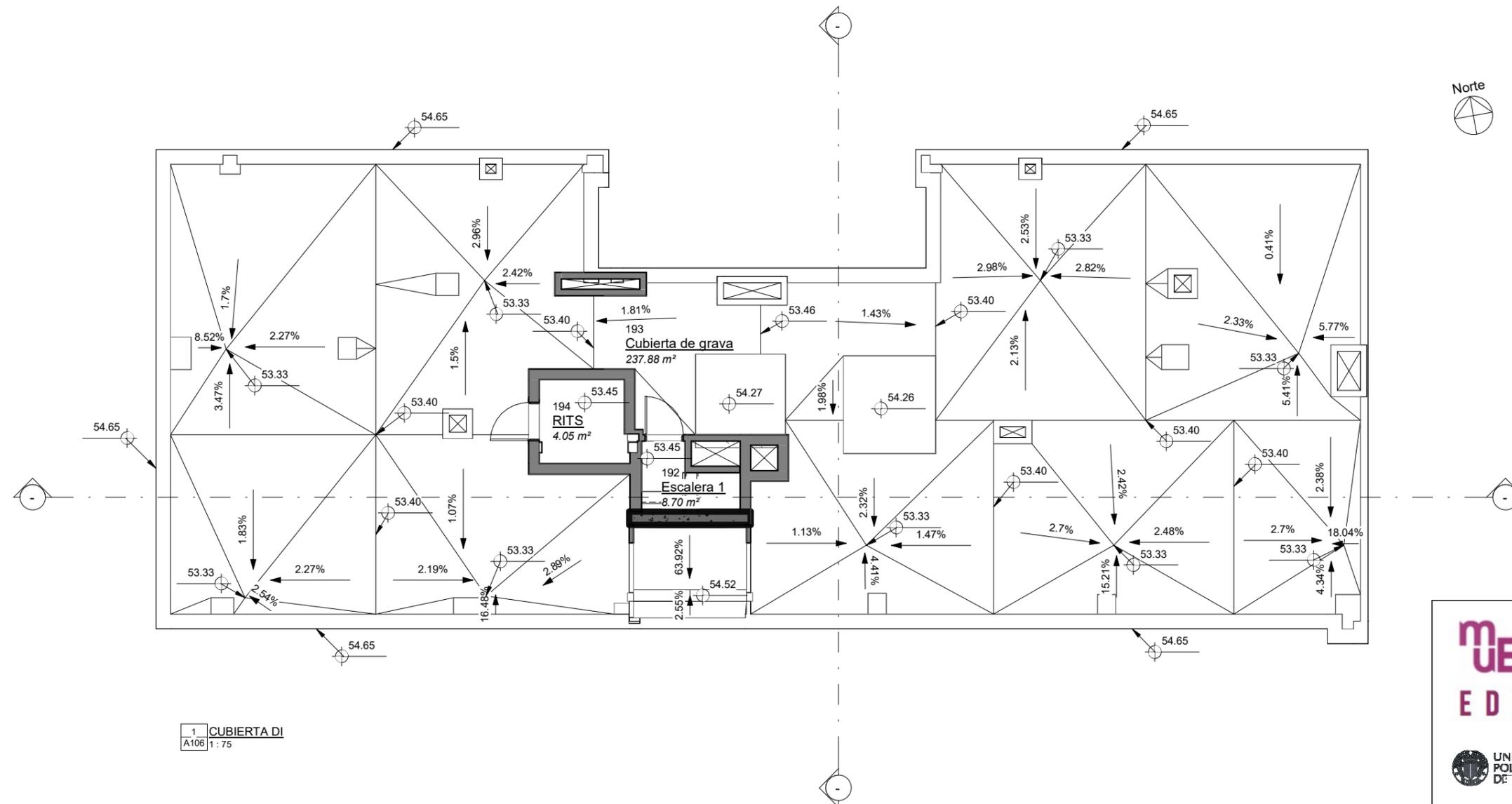
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A105  
Distribución. Planta Ático**

E: 1 : 75

21/06/2024 13:26:48



1 CUBIERTA DI  
A106 1:75

Tabla de superficies. Cubierta			
Nº	Nombre	Área	Perímetro
88	Zaguán	39.83 m <sup>2</sup>	49.81 m
89	Local Comunitario 1	25.56 m <sup>2</sup>	25.21 m
90	Local Comunitario 2	29.43 m <sup>2</sup>	25.51 m
91	Baño Local Comunitario	3.37 m <sup>2</sup>	8.10 m
92	Acceso a sótanos	12.37 m <sup>2</sup>	22.73 m
93	Acceso a rampa de sótanos	23.00 m <sup>2</sup>	19.64 m
94	Local Comercial	134.40 m <sup>2</sup>	63.35 m
95	Cuarto de basuras	39.15 m <sup>2</sup>	35.49 m
96	Sala de agua potable	6.54 m <sup>2</sup>	13.49 m
97	Baño comunitario	5.92 m <sup>2</sup>	11.56 m
98	B 01	1.94 m <sup>2</sup>	5.66 m
99	B 02	2.02 m <sup>2</sup>	5.75 m
100	B 03	2.02 m <sup>2</sup>	5.75 m
101	B 04	2.05 m <sup>2</sup>	6.46 m
102	B 05	2.88 m <sup>2</sup>	7.44 m

Tabla de superficies. Cubierta			
Nº	Nombre	Área	Perímetro
103	B 06	3.11 m <sup>2</sup>	8.59 m
104	B 07	2.02 m <sup>2</sup>	5.89 m
105	B 08	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
106	B 09	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
107	B 10	2.01 m <sup>2</sup>	5.80 m
108	B 11	2.68 m <sup>2</sup>	7.79 m
109	B 12	2.01 m <sup>2</sup>	5.68 m
110	Locales compartimentados de bicicletas	7.98 m <sup>2</sup>	15.65 m
111	Acceso a locales de bicicletas	3.74 m <sup>2</sup>	8.54 m
112	RITI	1.42 m <sup>2</sup>	5.45 m
113	Cuarto eléctrico	4.19 m <sup>2</sup>	8.43 m
114	Contadores de agua	1.78 m <sup>2</sup>	7.51 m
115	Acceso principal	42.19 m <sup>2</sup>	61.23 m

**UE** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

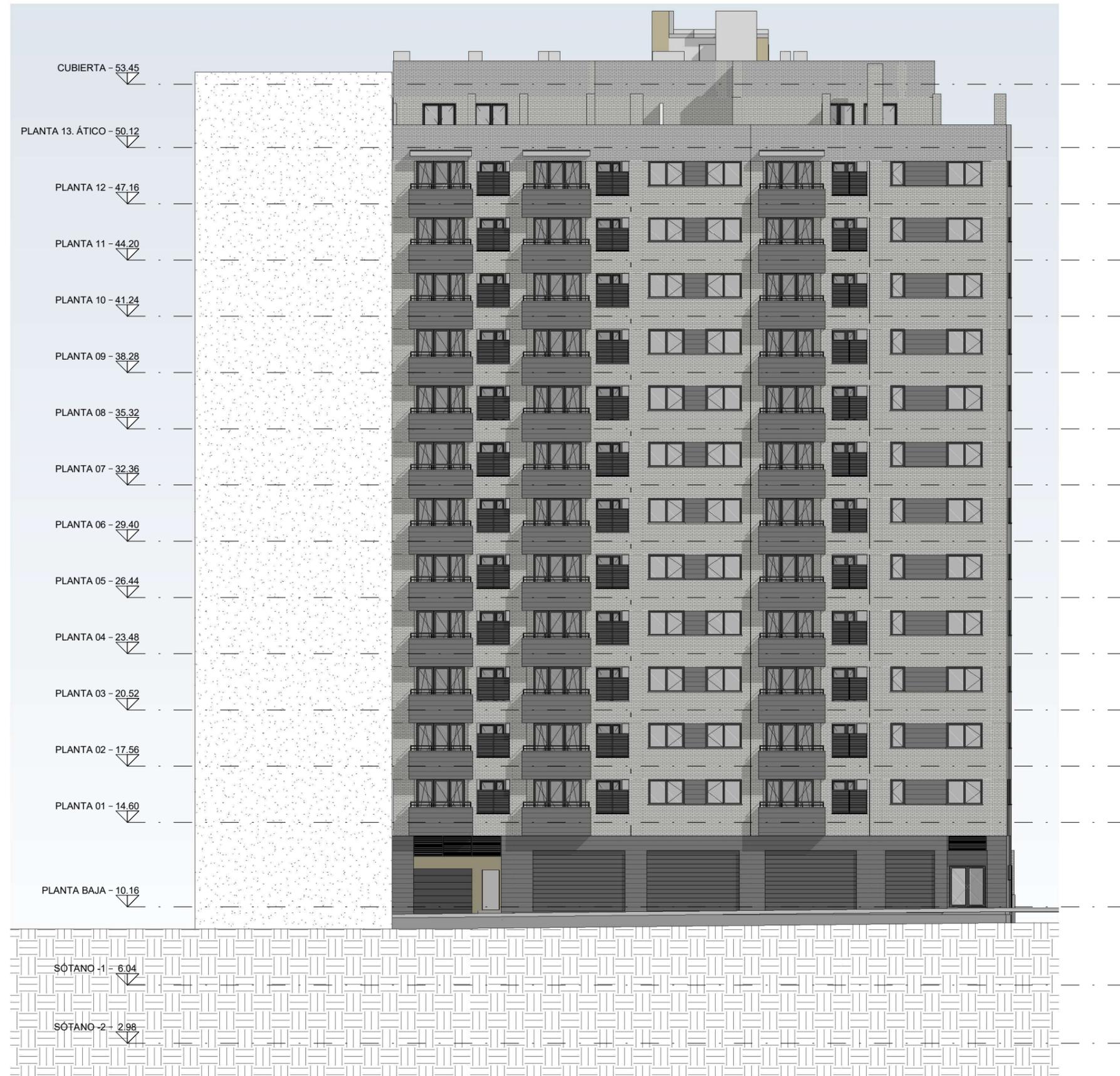
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A106  
Distribución. Cubierta**

E: 1 : 75

21/06/2024 13:26:58



1 ALZADO POR CALLE B  
A107 1 : 150

**ME** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

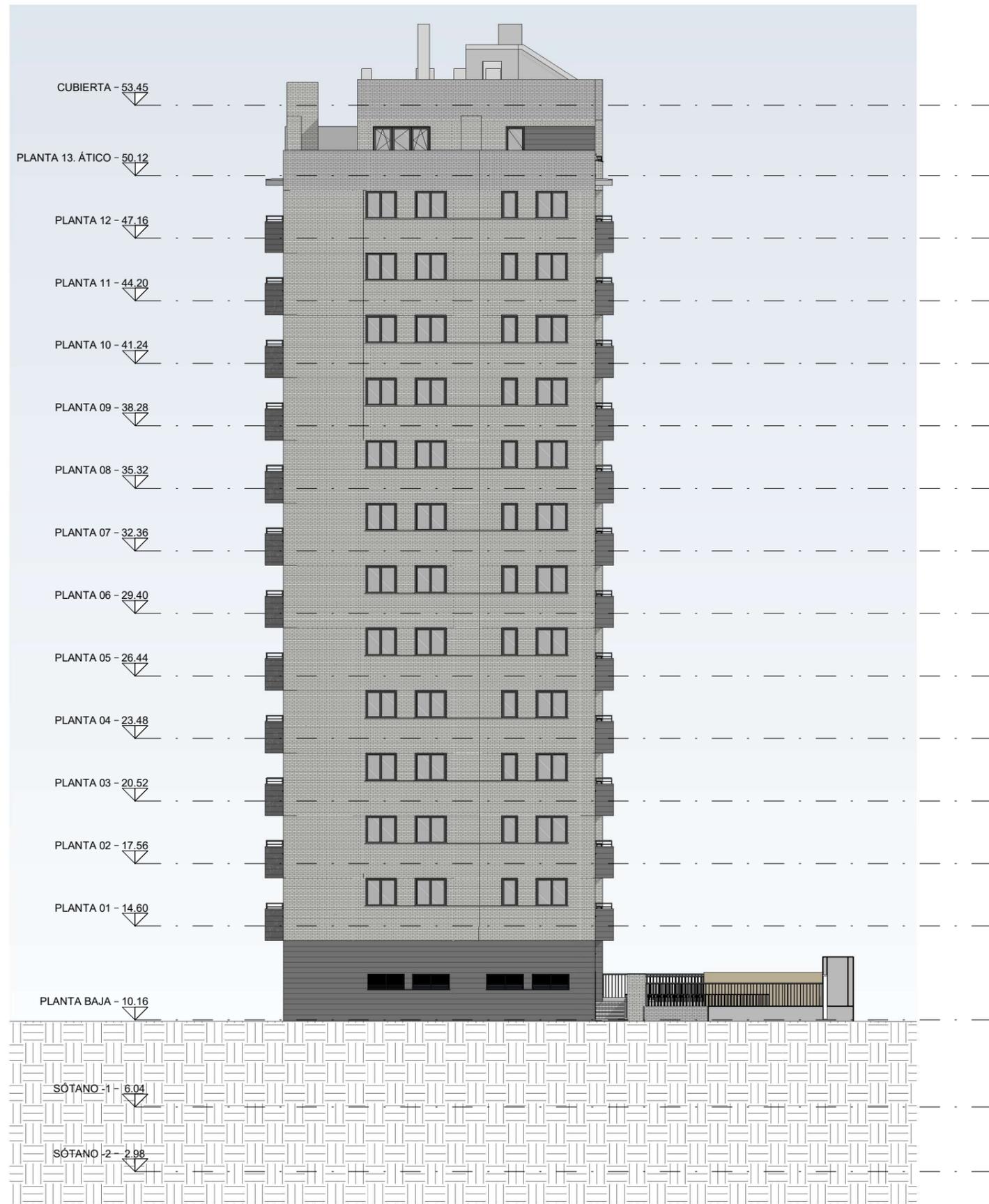
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A107  
Alzado por Calle B**

E: 1 : 150

21/06/2024 13:27:34



1 ALZADO LATERAL  
A108 1 : 150

**ME MÁSTER OFICIAL**  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

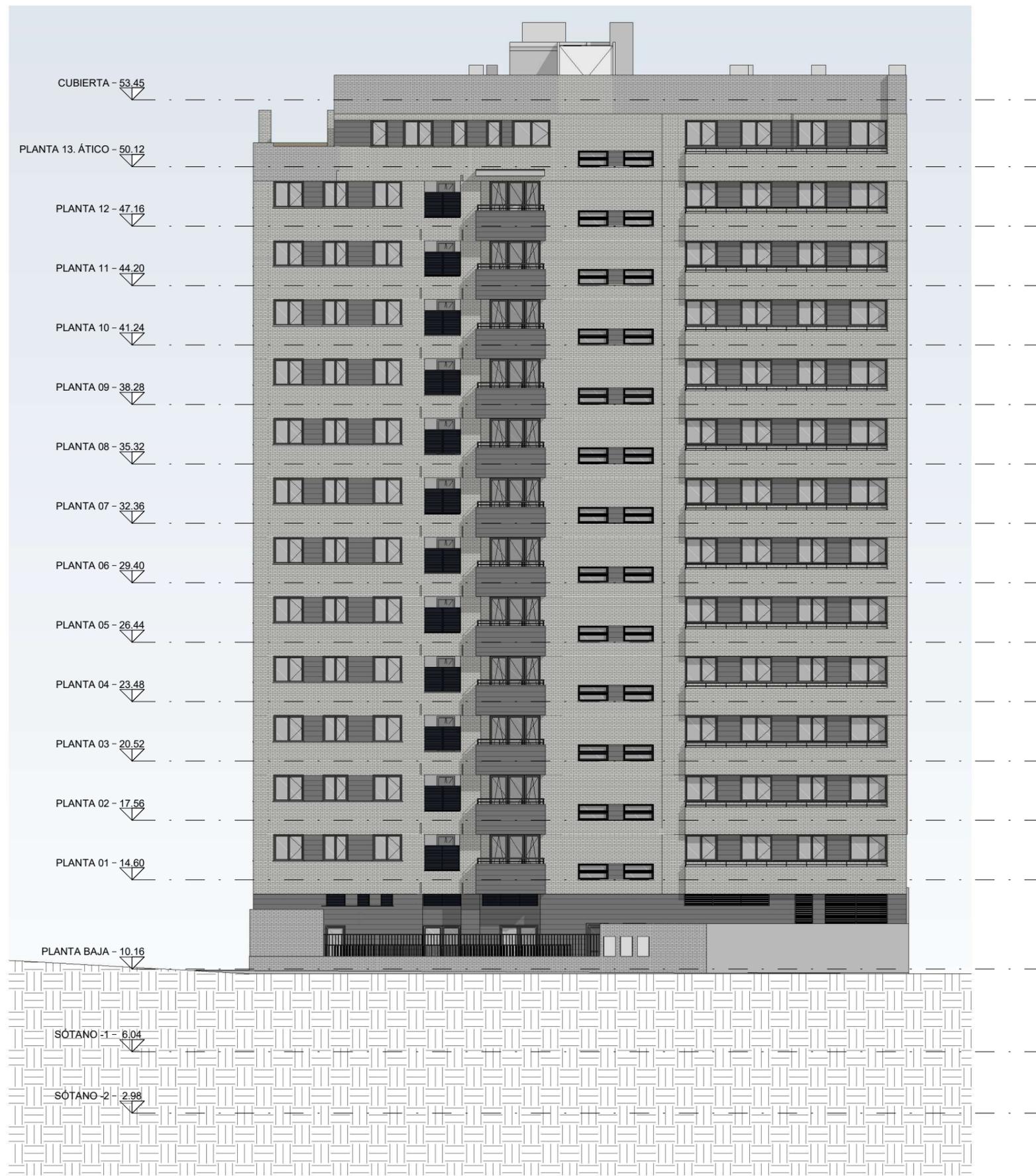
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A108  
Alzado Lateral**

E: 1 : 150

25/06/2024 22:39:04



1 ALZADO PRINCIPAL  
A109 1:150

**ME** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

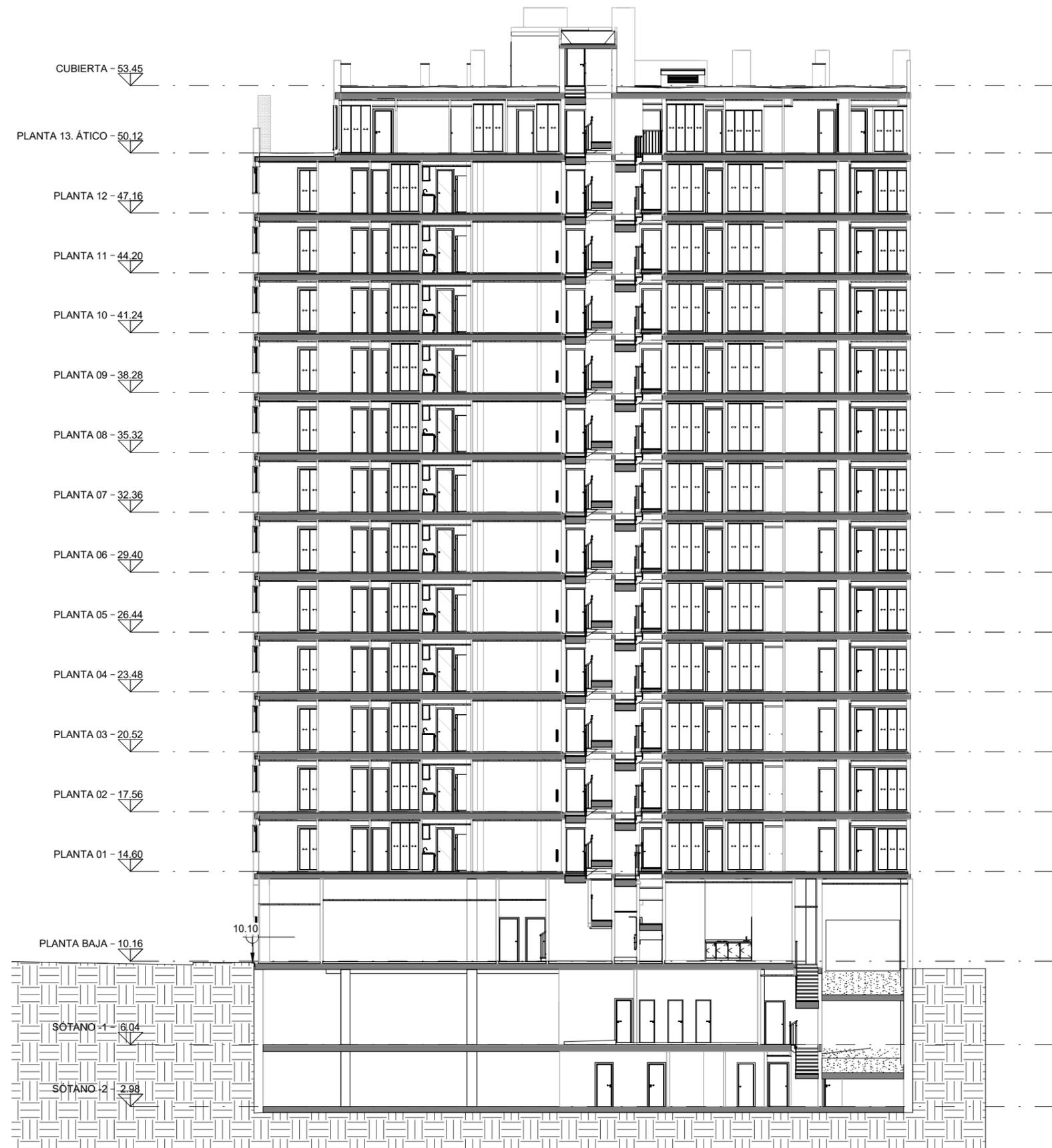
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A109  
Alzado Principal**

E: 1 : 150

21/06/2024 13:29:42



1 Sección Longitudinal  
A110 | 1 : 150

**ME** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

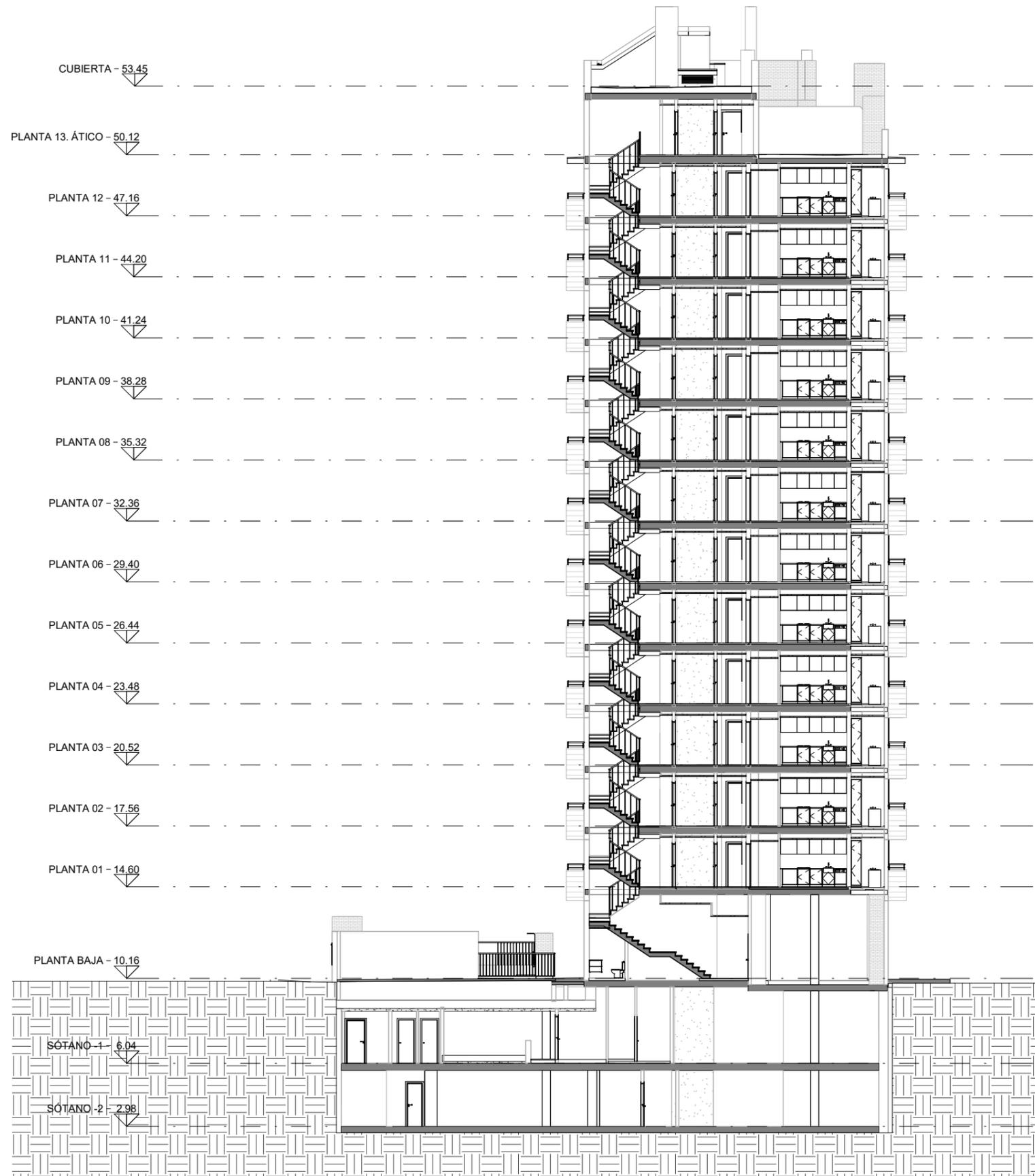
**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A110  
Sección Longitudinal**

E: 1 : 150

21/06/2024 13:29:56



1 Sección Transversal  
A111 1:150

**UE** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A111  
Sección Transversal**

E: 1 : 150

21/06/2024 13:30:10



1 PERSPECTIVA 1  
A112



2 PERSPECTIVA 2  
A112

**UE** MÁSTER OFICIAL  
UNIVERSITARIO  
**EDIFICACIÓN**



Máster Universitario en Edificación

Especialidad  
Tecnología

Promoción  
Curso 2023-24

Nombre del proyecto:

**EDIFICIO 50 VIVIENDAS MALILLA,  
CÉLERE ELISAE**

Dirección:

CALLE ISLA FORMENTERA, 52

Autor/a:

**Lisbey Macias Navarro**

Número y nombre del plano:

**A112  
Perspectivas**

E:

25/06/2024 22:49:40